CONFERENCE BOOK

AKDENİZ 15. ULUSLARARASI UYGULAMALI BİLİMLER KONGRESİ

GİRNE
5 - 7 ARALIK 2025

AKDENİZ
15. ULUSLARARASI UYGULAMALI BİLİMLER KONGRESİ

AKDENIZ
15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
DECEMBER 5 - 7, 2025
GİRNE

ISBN: 978-625-5694-58-4
Published by : Academy Global Publishing House

www.akdenizkongresi.org

AKDENIZ 15TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
DECEMBER 5 - 7, 2025
GİRNE

Edited By
PROF. DR. HÜLYA ÇİÇEK

Issued: 20.12.2025
ISBN: 978-625-5694-58-4

ASSOCIATION & ACADEMIC INCENTIVES :
In the conference 105 papers have been presented by Turkish participants and 135 papers by foreign participants.
Members of the organizing committees of the conference perform their duties with an "official assignment letter"

All rights of this book belong to Academy Global Publishing House
Without permission can't be duplicate or copied.
Authors of chapters are responsible both ethically and juridically.
Academy Global–2025©

CONFERENCE ID

AKDENIZ 15TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES

DATE – PLACE

DECEMBER 5 - 7, 2025
GİRNE

ORGANIIZATION

ACADEMY GLOBAL CONFERENCES & JOURNALS

EVALUATION PROCESS

All applications have undergone a double-blind peer review process.

PARTICIPATING COUNTRIES

Turkey – Senegal - South Korea- Philippines- India- Japan- Palestine – Azerbaijan- Qatar- Indonesia- China- Russia- Syria- Kyrgyzstan- Iran- Ethiopia- France - Czech Republic- Nigeria- Spain- Germany- Thailand- Armenia- Saudi Arabia- Malaysia- Oman – Pakistan- Algeria- Singapore – Bangladesh- Kazakhstan- Tajikistan- Georgia- Albania- Romania- Serbia- Egypt- Eritrea-

-

-

PRESENTATION

Oral presentation

CONGRESS ORGANIZING BOARD

Head of Conference : Prof. Dr. Hülya Çiçek - Gaziantep Universitesi

Prof. Dr. Başak Hanedan – Atatürk Üniversitesi

Prof. Dr. Ali Bilgili - Ankara Üniversitesi

Prof. Dr. Naile Bilgili - Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Hajar Huseynova - Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Prof. Dr. Dwi Sulisworo - Ahmad Dahlan University

Prof. Zain Musa - Royal Academy of Cambodia

Prof. Dr. Sameer Jain - NICMAR University

Prof Yakup Babayev - Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Prof. Dr. Suyatno - Ahmad Dahlan University

Prof. Dr. Al-Rashiff H. Mastul -Mindanao State University

Prof. Dr. Alhisan U. Jemsy - Mindanao State University

Prof. Dr. Elif Akpınar Külekçi - Atatürk Üniversitesi

Prof. Dr. Mehtap Kavurmacı - Atatürk Üniversitesi

Prof. Dr. Belkıs Özkara - Afyon Kocatepe Üniversitesi

Prof. Dr. Mavlonova Ugiloy Khamdamovna - Zarmed University

Assoc. Prof. Dr. Aysel Arslan - Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Yeliz Çakır Sahilli - Munzur Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Sıddık BAKIR - Ataturk Universitesi

Assoc. Prof. Dr. Berna Koçak - Munzur Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Irade Kerimova - Azerbaycan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Dhesi Ari Astuti - Ahmad Dahlan University

Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fırat Baran - Batman Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Aydın - Dicle Üniversitesi

Assoc. Prof. Dody Hartanto - Ahmad Dahlan University

Assoc. Prof. Dr. Rungchacadaporn - Ahmad Dahlan University

Assoc. Prof. Nazile Abdullazade - Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Assoc Prof. Dr. Feran Aşur - Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi

Assoc Prof. Dr. Erkan EFİLTİ - Kırgızistan-Türkiye Manas University

Assoc. Prof. Dr. Dini Yuniarti - Ahmad Dahlan University

Assoc. Prof. Ivaylo Staykov - New Bulgarian Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Abbas Ghaffari - Tebriz Universitesi

Assoc. Prof. Dr. Yasemin Taş - Gazi Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Yeganə Qəhrəmanova - Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Bülent Işık - Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Nurkan Yılmaz - İnönü Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Həmzə Əliyev- Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Sevra Fırıncıoğulları

Assist. Prof. Ihwan Ghazali - Technic University of Malaysia

Assist. Prof. Dr. Abışov Elşad Şərəfxan oğlu- Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Assist. Prof. Dr. Mahrukh Dovlatzade - Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Assist. Prof. Dr. Naci Büyükkaracığan- Selçuk Üniversitesi

Assist. Prof. Dr. Songül Atak - Dicle Üniversitesi

Lecturer Mehmet Nuri Ödük - Selçuk Üniversitesi

Dr. Fatih İ. Kurşunmaden - Selçuk Üniversitesi

Assist. Prof. Dr. Mehdi Meskini Heydarlou –

Dr. Dadash Mehravari - Tebriz Universitesi

Dr. Aynurə Əliyeva - Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Dr. Gültekin Gürçay

Dr. Amaneh Manafidizajı

Scientific & Review Committee

Prof. Dr. Hülya Çiçek – Turkiye

Prof. Dr. Emine Koca – Turkiye

Prof. Dr. Fatma Koç – Turkiye

Prof. Dr. Valide Paşayeva - Türkiye

Prof. Dr. Ali Bilgili - Turkiye

Prof. Dr. Naile Bilgili - Turkiye

Prof. Dr. Başak Hanedan – Turkiye

Prof. Dr. Aysel Güven - Turkiye

Prof Dr. Bülent Kurtişoğlu – Turkiye

Prof. Dr. Hajar Huseynova – Azerbaijan

Prof. Dr. Dwi Sulisworo – Indonesia

Prof. Dr. Natalia Latygina – Ukraina

Prof. Dr. Yunir Abdrahimov – Russia

Prof. Muntazir Mehdi – Pakistan

Prof. Dr. T.Venkat Narayana Rao – India

Prof. Dr. İzzet Gümüş – Turkiye

Prof. Dr. Mustafa Bayram – Turkiye

Prof. Dr. Saim Zeki Bostan – Turkiye

Prof. Dr. Hyeonjin Lee – China

Prof. Yakup Babayev - Azerbaijan

Prof. Dr. Suyatno – Indonesia

Prof. Dr. Zain Musa – Cambodia

Prof. Dr. Sameer Jain – India

Prof. Mehdi Mohammadzade – Iran

Prof. Dr. Ika Maryani – Indonesia

Prof. Dr. Guler Yenice – Turkiye

Prof. Dr. Elif Akpınar Külekçi – Turkiye

Prof. Dr. Mavlonova Ugiloy Khamdamovna – Uzbekistan

Prof. Dr. Mehtap Kavurmacı – Türkiye

Prof. Dr. Belkıs Özkara – Türkiye

Prof. Dr. Al-Rashiff Hamjilani Mastul – Philipinnes

Prof. Dr. Alhisan U. Jemsy – Philippines

Assoc. Prof. Dr. Aysel Arslan - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Sıddık Bakır – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Meryem Öztürk - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Yeliz Çakır Sahilli - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Berna Koçak - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Dhesi Ari Astuti – Indonesia

Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Aydın - Turkiye

Assoc Prof. Dr. Feran Aşur – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Yasemin Taş – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Bülent Işık - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Nurkan Yılmaz - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Sevra Fırıncıoğulları - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Abdulsemet Aydın – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fırat Baran - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Dilorom Hamroeva - Ozbekistan

Assoc. Prof. Dr. Abbas Ghaffari – Iran

Assoc. Prof. Ivaylo Staykov - Bulgaria

Assoc. Prof. Dr. Dini Yuniarti – Indonesia

Assoc. Prof. Dr. Ümit Ayata – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Həmzə Əliyev - Azerbaijan

Assoc. Prof. Dr. Okan Sarıgöz – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Eda Bozkurt – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Ahmet Topal – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Kırbaş – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Mesut Bulut – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Fahriye Emgili – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Sandeep Gupta – India

Assoc. Prof. Dr. Veysel Parlak – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Mahmut İslamoğlu – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Nazile Abdullazade – Azerbaijan

Assoc. Prof. Dr. Irade Kerimova - Azerbaijan

Assoc. Prof. Dr. Yeganə Qəhrəmanova – Azerbaijan

Assoc. Prof. Dr. Ali Vandshoari – İran

Assoc. Prof. Dr. Dinara Fardeeva – Rusya

Assoc. Prof. Dr. Göksel Ulay – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Erkan Efilti - Kirgizhstan

Assist. Prof. K. R. Padma – India

Assist. Prof. Dr. Omid Afghan - Afghanistan

Assist. Prof. Dr. Maha Hamdan Alanazi - Saudi Arabia

Assist. Prof. Dr. Dzhakipbek Altaevich Altayev - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Amina Salihi Bayero – Nigeria

Assist. Prof. Dr. Ahmad Sharif Fakheer - Jordania

Assist. Prof. Dr. Dody Hartanto - Indonesia

Assist. Prof. Dr. Ihwan Ghazali - Malaysia

Assist. Prof. Dr. Mehdi Meskini Heyladou – Iran

Assist. Prof. Dr. Bazarhan İmangalieva - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Keles Nurmaşulı Jaylıbay - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Mamatkuli Juraev – Ozbekistan

Assist. Prof. Dr. Kalemkas Kalibaeva – Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Bouaraour Kamel – Algeria

Assist. Prof. Dr. Alia R. Masalimova - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Amanbay Moldibaev - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Ayslu B. Sarsekenova - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Bhumika Sharma - India

Assist. Prof. Dr. Gulşat Şugaeva – Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. K.A. Tleubergenova - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Cholpon Toktosunova – Kirgizia

Assist. Prof. Dr. Hoang Anh Tuan – Vietnam

Assist. Prof. Dr. Songül Atak - Türkiye

Assist. Prof. Dr. Botagul Turgunbaeva - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Dinarakhan Tursunalieva - Kirgizia

Assist. Prof. Dr. Yang Zitong – China

Assist. Prof. Dr. Gulmira Abndirasulova – Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Imran Latif Saifi – South Africa

Assist. Prof. Dr. Murat Genç – Turkiye

Assist. Prof. Dr. Monisa Qadiri – India

Assist. Prof. Dr. Vaiva Balciuniene – Lithuania

Assist. Prof. Dr. Meltem Avan – Turkiye

Assist. Prof. Dr. Abışov Elşad Şərəfxan oğlu - Azerbaijan

Assist. Prof. Dr. Mahrukh Dovlatzade – Azerbaijan

Assist. Prof. Dr. Naci Büyükkaracığan – Turkiye

Assist. Prof. Dr. Raihan Yusoph – Philippines

Dr. Que-Nhu Duong - Vietnam

Dr. Fatih İ. Kurşunmaden – Turkiye

Dr. Mehmet Nuri Ödük – Turkiye

Dr. Ayşe Baran - Turkiye

Dr. Aynurə Əliyeva - Azerbaijan

Dr. Sonali Malhotra – India

Dr. Amaneh Manafidizaji - Iran

T.C.
GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Tıp Fakültesi

Sayı : E-98102723-903.07-475454
Konu : Görevlendirme Talebi

REKTÖRLÜK MAKAMINA

İlgi : 27.03.2024 tarihli ve E--903.07-474236 sayılı yazı

Fakültemiz Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı'nda görevli öğretim üyesi Prof. Dr. Hülya ÇİÇEK'in Yükseköğretim Genel Kurulunun 15.06.2023 tarihli, 10 sayılı oturumunda alınan 2023.10.183 sayılı kararı gereğince Doçentlik Başvuru Şartlarında bulunan ve doçent olacak adaylardan istenen "Diğer uluslararası/ ulusal bilimsel toplantının düzenleme komitesinde resmi olarak görevlendirilmiş üniversite akademisyen temsilcisi bulunması zorunludur." maddesi gereğince, Academy Global Conference & Journals tarafından yapılan kongrelerin düzenleme kurullarında yolluksuz ve yevmiyesiz olarak görevlendirilme talebi ile ilgili dilekçesi ekte gönderilmiştir

Adı geçen öğretim üyesinin Academy Global Conference & Journals tarafından yapılan kongrelerin düzenleme kurullarında yolluksuz, yevmiyesiz olarak görevlendirilmesinde Dekanlığımızca bir sakınca bulunmamaktadır.

Onaylarınıza arz ederim

Prof.Dr. Şevki Hakan EREN
Dekan

OLUR

Prof.Dr. Arif ÖZAYDIN
Rektör

Ek:İlgi Dilekçe (1 Adet)

Dağıtım:
Gereği:
Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı Başkanlığı

Bilgi:
Sayın Prof.Dr. Hülya ÇİÇEK

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Adres : Gaziantep Üniversitesi Kampus Alanı, Tıp Fakültesi Dekanlığı, Şehitkamil - 27310 - GAZİANTEP
Telefon : 0 (342) 360 60 60 Faks:0 (342) 360 16 17
e-Posta : tipfaksek@gmail.com Web : www.gantep.edu.tr/~tipdekanlik/bilgipaketi
Kep Adresi : gauntipdek@hs01.kep.tr

Bilgi için : Hüseyin Temel
Unvanı : Bilgisayar İşletmeni V.

AKDENIZ 15TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
DECEMBER 5 - 7, 2025
GIRNE

NO : **AC- 15A - 2025. 438U– 3048**
Konu : Akademik Teşvik Uygunluk Belgesi 10/12/2025

İLGİLİ MAKAMA

Academy Global Conferences tarafından düzenlenen Akdeniz 15. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi 5-7 Aralık 2025 tarihlerinde Girne'de 38 farklı ülkeden akademisyenin katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Kongre kapsamında sunulan 240 bildirinin 105'i Türkiye'den, 135'sı ise farklı 37 ülkeden katılan akademisyenler tarafından sunulmuştur. Kongre, 16 Ocak 2020 Akademik Teşvik Ödeneği Yönetmeliğine getirilen "Tebliğlerin sunulduğu yurt içinde veya yurt dışındaki etkinliğin uluslararası olarak nitelendirilebilmesi için Türkiye dışında en az beş farklı ülkeden sözlü tebliğ sunan konuşmacının katılım sağlaması ve tebliğlerin yarıdan fazlasının Türkiye dışından katılımcılar tarafından sunulması esastır." değişikliğine uygun olarak düzenlenmiştir.

Bilgilerinize arz ederiz

Saygılarımızla

Prof. Dr. Hülya ÇİÇEK

www.akademikongre.org

AKDENIZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
AKDENİZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
AKDENİZ ART 6TH INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
December 5 - 7, 2025
GİRNE

Kongre Bağlantı Linki :

Join Zoom Meeting

https://us06web.zoom.us/j/88571518350?pwd=fOYazCWBmbAiWrHygjKSjkbbSvotfd.1

Meeting ID: 885 7151 8350

Passcode: 202224

ÖNEMLİ AÇIKLAMA (Lütfen okuyunuz)

- ZOOM bağlantısı için yukarıda verilen bağlantıyı veya yine yukarıda verilen giriş bilgilerini kullanabilirsiniz.
- **Oturum içerisinde en KIDEMLİ olan moderator olarak seçilir. Moderatörün oturum düzenini gözetmesi, akademisyen adaylarını yönlendirmesi beklenmektedir.**
- Oturuma bağlanmadan önce Salon numaranızı adınızın önüne aşağıdaki gibi ekleyiniz. Bu sayede kongre açılışında beklemeden oturumlarınıza gönderilebileceksiniz. Ör. 5 Ahmet Ahmetoglu
- **Sunum süresi 10 dakikadır. Bu sürenin aşılmamasını moderatörler temin edecektir.**
- Sunum sonrası 5 dakikayı geçmeyen soru-cevap, tartışma süresi verilmektedir.
- **Sunumlar TÜRKÇE veya İNGİLİZCE yapılabilmektedir.**
- Kameralar, oturum süresince toplam % 70 oranında açık olmak zorundadır.
- **Sunum yapan katılımcının kamerası açık olmak zorundadır.**
- Sunum yapmak zorunludur. **Herhangi bir nedenle sunum yapmamış olan katılımcıya sertifika verilmesi ve çalışmasının yayınlanması sözkonusu olamaz.**
- Katılımcı, kendi oturumda, oturum bitene kadar bulunmak zorundadır.
- Katılımcıların kendi oturumları dışındaki oturumlara katılma zorunluluğu yoktur.
- ZOOM platformunun kapasite sınırı nedeniyle, DİNLEYİCİ, sadece kapasite izin verdiği sürece kabul edilebilmektedir.
- **SADECE ÇALIŞMADA YAZAR OLARAK GEÇEN KİŞİLER SUNUM YAPABİLİR !**

IMPORTANT, PLEASE READ CAREFULLY

- To be able to make a meeting online, login via https://zoom.us/join site, enter ID instead of "Meeting ID
- or Personal Link Name" and solidify the session.
- The Zoom application is free and no need to create an account.
- The Zoom application can be used without registration.
- The application works on tablets, phones and PCs.
- Speakers must be connected to the session **10 minutes before** the presentation time.
- All congress participants can connect live and listen to all sessions.
- During the session, your camera should be turned on **at least %70** of session period
- Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.

TECHNICAL INFORMATION

- Make sure your computer has a microphone and is working.
- You should be able to use screen sharing feature in Zoom.
- Attendance certificates will be sent to you as pdf at the end of the congress.
- Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.
- Before you login to Zoom please indicate your name surname and hall number,

AKDENIZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Aralık / Dec 5, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	**Prof. Dr., Eda BOZKURT**	1	ELEKTRİKLİ OTOMOBİLLER İÇİN VERGİSEL TEŞVİKLER: ULUSLARARASI PERSPEKTİF VE TÜRKİYE DEĞERLENDİRMESİ	Dr. Öğr. Üyesi Funda Buz
		2	SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA KAPSAMINDA DÖNGÜSEL EKONOMİ VE ETKİNLİK/VERİMLİLİK İLİŞKİSİ	Doç. Dr., Özlem TOPÇUOĞLU Doç. Dr., Ali ALTINER Prof. Dr., Eda BOZKURT
		3	SHARPE, BİLGİ ORANI VE STUTZER ENDEKSİNİ KULLANARAK PORTFÖY OLUŞTURMA: BORSA İSTANBUL 30 ENDEKSİNDE BİR UYGULAMA	Arş. Gör. Dr. Erdi BAYRAM Öğr. Gör. Dr. Ümit Hasan GÖZKONAN
		4	AN EVALUATION OF THE DETERMINANTS OF ECONOMIC GROWTH	Assoc. Prof. Sefa ÖZBEK Assoc. Prof. Mustafa NAİMOĞLU
		5	ECONOMIC GROWTH, FOREIGN DIRECT INVESTMENT, RULE OF LAW AND ENVIRONMENTAL DEGRADATION: THE CASE OF SOUTH KOREA	Assoc. Prof. Sefa ÖZBEK Assoc. Prof. Mustafa NAİMOĞLU
		6	THE RELATIONSHIP BETWEEN THE DEVELOPMENT ROAD PROJECT AND THE RIMLAND THEORY	Student, Rabia BEYAZKAYA Assistant Professor, Gökhan Murat ÜSTÜNDAĞ
		7	MILITARY EXPENDITURE AND ECONOMIC GROWTH DURING PEACE AND CONFLICT: EVIDENCE FROM EUROPEAN COUNTRIES USING PANEL QUANTILE REGRESSION	Okan Gümüş Associate Prof. Asiye Öznur Ümit

AKDENIZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Aralık / Dec 5, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	**Prof. Dr. Hatice KARAKUŞ ÖZTÜRK**	1	ARTVİN'DE KADIN ARICILAR: YENİLİKÇİLİK, SOSYAL GİRİŞİMCİLİK VE KIRSAL DÖNÜŞÜMÜN SOSYOLOJİK ANALİZİ	Prof. Dr. Hatice KARAKUŞ ÖZTÜRK
		2	KÜLTÜREL SERMAYENİN SANAT MÜZESİ ZİYARETLERİNİ ŞEKİLLENDİREN ROLÜ: AVRUPA BAĞLAMINDA BOURDİEU'CU BİR ÇÖZÜMLEME	Prof. Dr. Hatice KARAKUŞ ÖZTÜRK
		3	LİBERAL DÜZENDEN NORMATİF ÇOĞULLUĞA: ÇOK TARAFLILIKTA OTORİTER ETKİ	Dr Öğretim Üyesi Yasemin Necmiye Tutar
		4	SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRE POLİTİKALARINDA KÜLTÜREL DEĞERLERİN ROLÜ	Dr Öğretim Üyesi Yasemin Necmiye Tutar
		5	TAŞRADA YAŞLI OLMAK: ARAMA MOTURU	Doç. Dr. Nermin KÜÇÜKSÖNMEZ
		6	ÇEVRE SORUNLARINA TOPLUMSAL CİNSİYET ODAKLI FARKLI BİR BAKIŞ: EKOFEMİNİZM VE CİNSİYET SOSYALLEŞMESİ	Dr. Öğr. Üyesi Halil PEÇE Öğr. Gör. Ahmet Özdemir
		7	AB YAPAY ZEKA YASASINI NASIL OKUMALI? DİJİTAL ANAYASALLIK İDDİASI VE SINIRLILIKLARI	Öğr. Gör. Ahmet Özdemir Dr. Öğr. Üyesi Halil PEÇE

AKDENİZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Aralık / Dec 5, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	**Doç. Dr. Adem Korkmaz**	1	SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF 4-FORMYL-1,3-PHENYLENE BIS(4-METHYLBENZENESULFONATE, AND IN SILICO STUDY ON ACETYLCHOLINE ESTERASE, PANCRATIC LIPASE AND TYROSINASE	Doç. Dr. Adem Korkmaz
		2	KOBALT(II) 4-FLOROBENZOATIN NİKOTİNAMİD KOMPLEKSİNİN ALZHEİMER HEDEF ENZİMLERİ (AChE ve BChE) İLE ETKİLEŞİMLERİNİN MOLEKÜLER DOCKİNG ANALİZİ	Dr. Öğr. Üyesi, Azer Özen Dr. Öğr. Üyesi, Ömer Aydoğdu Doç. Dr., Füreya Elif Öztürkkan
		3	N'-(Piridin-2-ilmetilen)NİKOTİNHİDRAZİT VE BAKIR KOMPLEKSİNİN MOLEKÜLER YERLEŞTİRME YOLUYLA KARŞILAŞTIRMALI DNA BAĞLANMA PROFİLLERİ	Dr. Öğr. Üyesi, Ömer Aydoğdu Dr. Öğr. Üyesi, Azer Özen Doç. Dr., Füreya Elif Öztürkkan
		4	SIĞIR DERİSİNİN DAYANIKLILIK VE ESTETİK ÖMRÜNE ÇEVRESEL FAKTÖRLERİN ETKİSİ: MEKANİZMALAR VE KORUMA STRATEJİLERİ	Öğr. Gör. ERTAN EROL Dr. Öğr. Üyesi HATİCE ER
		5	DERİ ÜRÜNLERİNİN YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ: META-ANALİTİK BİR ÇALIŞMA	Dr. Öğr. Üyesi HATİCE ER Öğr. Gör. ERTAN EROL
		6	BİR OTOMOTİV YAN SANAYİSİNDE KAUÇUK HORTUM ÜRETİMİNDEKİ VERİ DOĞRULUĞU VE SÜREÇ İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI	End. Müh. Niyazi ÖZÇELİK Prof. Dr. Şafak KOCAKALAY End. Müh. Neşe HÜLAGÜ

AKDENİZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Aralık / Dec 5, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	**Prof. Dr. Hatice ÖĞÜTCÜ**	1	USE OF POLLEN IN FOODS, FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL EFFECTS	Dr. Öğr. Üyesi Fadime Seyrekoğlu Dr. Öğr. Üyesi Beril Kocaman Dr. Öğr. Üyesi Ebru Batı Ay
		2	BIOACTIVE PROPERTIES OF WHITE LILY POLLEN: EVALUATION OF DIFFERENT SOLVENT EXTRACTS	Dr. Öğr. Üyesi Beril Kocaman Dr. Öğr. Üyesi Ebru Batı Ay Dr. Öğr. Üyesi Fadime Seyrekoğlu
		3	ISOLATION OF ENDOPHYTIC BACTERIA FROM WILD Vicia cracca PLANTS, DETERMINATION OF THEIR CULTURAL CHARACTERISTICS AND ANTIBIOTIC RESISTANCE	Prof. Dr. Hatice ÖĞÜTCÜ
		4	DETERMINATION OF BACTERIAL FLORA OF VERMICOMPOST PRODUCED FROM ORGANIC WASTES	Prof. Dr. Hatice ÖĞÜTCÜ
		5	EDUCATIONAL APPROACHES FOR ENHANCING CBRN (CHEMICAL, BIOLOGICAL, RADIOLOGICAL, AND NUCLEAR) AWARENESS IN SCHOOLS: A SYSTEMATIC REVIEW	Yüksek Lisans öğrencisi Muhsine Nur ÖZMEN Prof.Dr. Abdullah ÖZKAN
		6	CERIUM OXIDE SUPPORTED COPPER COMPLEX CATALYSTS FOR EFFICIENT HYDROGEN GENERATION FROM POTASSIUM BOROHYDRIDE HYDROLYSIS	Assoc. Prof. Dr. Dilek KILINÇ
		7	TIO_2 SUPPORTED NICKEL COMPLEX AS AN ADVANCED CATALYST FOR HYDROGEN PRODUCTION	Assoc. Prof. Dr. Dilek KILINÇ

AKDENİZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Aralık / Dec 5, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	**Prof. Dr. Behice ERCİ**	1	SPORTS INJURIES RELATED TO TRAINING AND SPORT TYPES IN FEMALE ATHLETES	Assistant Professor Muhammed YILDIZ
		2	FUNCTIONAL EFFECTS OF PHYSICAL ACTIVITY IN INDIVIDUALS WITH EPILEPSY	Assistant Professor Muhammed YILDIZ
		3	COACHES' PERSPECTIVES ON CAFFEINE USE: AN EXAMINATION IN THE FIELD OF BODYBUILDING AND FITNESS	Yüksek Lisans Öğrencisi, Mehmet BARAN Doç. Dr. Seda SABAH
		4	PHYSICAL EDUCATION PRACTICES FOR STUDENTS WITH DISABILITIES: TEACHER'S ROLE AND STRATEGIES	Doktora Öğrencisi, Esra KURT Doç. Dr. Seda SABAH
		5	THE EFFECT OF DESTINATION IMAGE ON REVISIT INTENTION IN HEALTH TOURISM	Prof. Dr., Yalçın KARAGÖZ Doç. Dr. Fuat YALMAN
		6	THE STRUCTURAL RELATIONSHIPS BETWEEN PREVENTIVE BEHAVIORS OF MEDICAL TOURISTS AGAINST HEALTH RISKS AND THEIR SATISFACTION WITH HEALTH TRAVEL	Doç. Dr. Fuat YALMAN Prof. Dr., Yalçın KARAGÖZ
		7	GENERATIONS Y, X AND BABY BOOMERS: A COMPARATIVE STUDY REGARDING INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY SKILLS	Deniz Mertkan Gezgin Fatma Büyüksaraçoğlu Sakallı Fuat Erduğan
		8	ATHLETE BURNOUT: PSYCHOLOGICAL DETERMINANTS, HEALTH- RELATED OUTCOMES AND PREVENTION STRATEGIES	Fuat ERDUĞAN Ecem ATABAY Deniz Mertkan GEZGİN
		9	THE EFFECTS OF LAUGHTER YOGA ON HEALTH	Prof. Dr. Behice ERCİ
		10	THE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON HEALTH	Prof. Dr. Behice ERCİ

AKDENİZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Aralık / Dec 5, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	**Assoc. Prof. Dr. Müjgan GÜNEY**	1	AN EVALUATION OF ENERGY-RELATED RISKS IN THE AGRICULTURAL SECTOR	Ph.D. Cand. Barkın AKKAYA Prof.Dr. Sait ENGİNDENİZ
		2	FUNGAL ROOT ROTS İN SUGAR BEET: INCREASİNG THREAT AND MANAGEMENT STRATEGİES	Ziraat Mühendisi RABİA HANDE ŞEN Prof. Dr. NUH BOYRAZ
		3	BÜYÜKBAŞ AHIRLARINDA KULLANILAN GÜBRE SIYIRICILARDA MEYDANA GELEN KUVVETLERİN AYRIK ELEMANLAR METODUYLA ANALİZİ	Yük. Müh. Ergin TOPBAŞ Dr. Mehmet Bahadır Doç. Dr. Osman ÖZBEK
		4	EFFECTS OF HUMIC ACID APPLICATIONS ON YIELD AND NUTRIENT UPTAKE IN BEAN (PHASEOLUS VULGARIS L.)	Dr.Öğ.Üy. Bülent YAĞMUR
		5	EFFECTS OF ORGANIC AND ORGANICALLY SUPPORTED FERTILIZER APPLICATIONS ON YIELD AND FRUIT QUALITY OF THE SALİHLİ CHERRY CULTIVAR	Dr.Öğ.Üy. Bülent YAĞMUR
		6	GENE EXPRESSION PATTERNS ASSOCIATED WITH RIPENING AND QUALITY TRAITS IN HORTICULTURAL CROPS	Assoc. Prof. Dr. Müjgan GÜNEY Lec. Dr. Selcan ÖZYALIN Assist. Prof. Dr. Gökçe AYDÖNER ÇOBAN Assoc. Prof. Dr. Muhammet Ali GÜNDEŞLİ
		7	BIOACTIVE VALUE, USES, AND RECENT BREEDING ADVANCES OF Arbutus unedo (STRAWBERRY TREE)	Assoc. Prof. Dr. Müjgan GÜNEY Assist. Prof. Dr. Gökçe AYDÖNER ÇOBAN Assoc. Prof. Dr. Hakan KELES Assoc. Prof. Dr. Servet ARAS
		8	BLACK AND WHITE RICE: THE ROLE OF COLOR DIFFERENCE IN PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PROCESSES	Master Student Seda ŞAHİN Assoc. Prof. Dr. Hülya TORUN

AKDENİZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Aralık / Dec 5, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	**Mehmet Safa BİNGÖL**	1	TUNING PID PARAMETERS USING DEEP Q-NETWORK FOR TRAJECTORY TRACKING OF MOBILE ROBOTS	Şahin YILDIRIM Mehmet Safa BİNGÖL Sertaç SAVAŞ
		2	THEORETICAL AND CFD ANALYSIS TRAJECTORY AND AERODYNAMIC BEHAVIOR OF UAVS LAUNCHED BY ELECTROMAGNETIC SYSTEMS	Mehmet BAKIRCI İlkin Asgarzade
		3	THERMAL INVESTIGATION OF OIL AND WATER-COOLING METHODS FOR GENERATOR AND GEARBOX HEAT DISSIPATION IN WIND TURBINES	Mehmet BAKIRCI Abdulkhaleq AL-Kaabi Salmen
		4	MECHANICAL BEHAVIOR OF STRUCTURAL COMPONENTS RIB-STIFFENED WITH PERIODIC AND NON-PERIODIC LATTICE STRUCTURES	Res. Asst., AHMET DAYANÇ Prof. Dr., İSMET ÇELİK
		5	STATIC ANALYSIS OF STOCHASTIC DELAUNAY AND VORONOI LATTICES DERIVED FROM AN IDENTICAL SEED POINT DISTRIBUTION AND THICKNESS PARAMETER	Res. Asst., AHMET DAYANÇ Prof. Dr., İSMET ÇELİK
		6	M3 SINIFI ARAÇLARDA FARKLI MAZLEMELERE SAHİP KOLTUK BAĞLANTI SİSTEMLERİNİN ÇARPIŞMA TESTLERİ İLE YAPISAL ANALİZİ VE KARŞILAŞTIRMASI	HÜSEYİN KESKİN MEHMED EMRE KÜÇÜKKAYA Doç. Dr. AHMET YILDIZ

AKDENIZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Aralık / Dec 5, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	**Doç. Dr. Derya ÖZCAN GÜLER**	1	YABANCILAŞMA IRKÇILIK ve ORYANTALİZM	Doç. Dr. SEVRA FIRINCIOĞULLARI
		2	BINTEGRATING MARGARET CAVENDISH'S FEMINIST UTOPIAN TEXTS INTO ELT CLASSROOMS: ENHANCING CRITICAL LITERACY AND GENDER EQUALITY AWARENESS	Assist. Prof. HÜLYA KÜÇÜKOĞLU
		3	FROM SEVENTEENTH-CENTURY TEXTS TO TWENTY-FIRST-CENTURY CLASSROOMS: USING MARGARET CAVENDISH TO FOSTER INTERDISCIPLINARY AND INTERCULTURAL COMPETENCE IN ELT	Assist. Prof. HÜLYA KÜÇÜKOĞLU
		4	17. YÜZYIL DİVAN ŞİİRİNDE GEÇİŞ DÖNEMLERİ (DOĞUM-EVLENME-ÖLÜM)	Dr. Oğuz YILDIRIM
		5	ŞİFACI MI CADI MI: MASALLARDAKİ KADINLARIN ŞİFACILIĞI	Doç. Dr. Derya ÖZCAN GÜLER
		6	TÜRKİYE TÜRKÇESİNDE YEREL AĞIZLARIN ETKİLEŞİM VE ÖĞRETİME ETKİSİ: YABANCI DİL ÖĞRENCİLERİNİN GÖRÜŞLERİ	Dr. Öğr. Üyesi Ercan TOMAKİN
		7	CİSİMLERİN HAREKETİ, BOŞLUK VE SERBEST DÜŞME: THALES'TEN KEPLER'E BİLİMSEL DEVRİMİN İZLERİ	Ziya SÖYLER Prof. Dr., Aytekin ÇÖKELEZ

AKDENIZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Aralık / Dec 5, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 9	**Dr. Öğr. Üyesi Sumru KALELİ**	1	GELENEKSELDEN DİJİTALE TÜRKİYE'DE SİYASAL İLETİŞİMİN GELİŞİMİ	Dr. Öğr. Üyesi Sumru KALELİ
		2	VAN, ERZURUM VE ERZİNCAN YEREL BASININDA KADIN İSTİHDAMI	SERKAN AKTAN Doç. Dr. KEMAL CEM BAYKAL
		3	PERSUASION STRATEGIES AND PSYCHOLOGICAL TACTICS IN POLITICAL COMMUNICATION: A THEORETICAL REVIEW OF TURKISH POLITICS 2003-2024	Yüksek Lisans Öğrencisi Mustafa TANIŞMAN Prof. Dr. Mahmut AKPINAR
		4	WOMEN IN AGRICULTURE AND THE DYNAMICS OF INCOME INEQUALITY IN SUB-SAHARAN AFRICA	Ummukhulthum Adamu Ibrahim Fatma Türüç Seraj Hüseyin Özdeşer

AKDENIZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Aralık / Dec 5, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	**Assoc. Prof. Dr. Noor Al Harthy**	1	THE FOUNDATIONS OF ARMENIAN LOGIC: HISTORICAL ROOTS AND MODERN APPLICATIONS	Prof. Dr. Aram Petrosyan
		2	EXPLORING ETHICAL DIMENSIONS IN CONTEMPORARY ARMENIAN POLITICAL PHILOSOPHY	Dr. Lilit Grigoryan Assoc. Prof. Dr. Tigran Hakobyan
		3	DEBATES ON MINDFULNESS AND CONSCIOUSNESS: INDIAN PHILOSOPHICAL PERSPECTIVES	Prof. Dr. Ravi Kumar Dr. Sneha Narayan
		4	INTERPRETING ADVAITA VEDANTA IN THE CONTEXT OF MODERN SCIENCE	Dr. Priya Nair Assoc. Prof. Dr. Anil Joshi
		5	RETHINKING MORAL REALISM THROUGH INDIAN BUDDHIST PHILOSOPHY	Dr. Subhasis Bandyopadhyay Satyam Verma Prof. Dr. Ahmed Al Balushi
		6	SOCIAL JUSTICE AND ETHICAL FRAMEWORKS IN CONTEMPORARY OMANI THOUGHT	Assoc. Prof. Dr. Noor Al Harthy
		7	PERSPECTIVES ON ISLAMIC PHILOSOPHY: REASON, FAITH, AND MODERNITY	Dr. Waleed Al Shamsi Prof. Dr. Layla Al Mamari
		8	CONSTRUCTING IDENTITY: PHILOSOPHY, RELIGION, AND EDUCATION IN OMAN	Dr. Amal Al Hinai Assoc. Prof. Dr. Hassan Al Farsi
		9		

AKDENIZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Aralık / Dec 5, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	**Assis. Prof. Dr. Dauren Tulepov**	1	SOCIAL INTEGRATION OF INTERNAL MIGRANTS IN URBAN KAZAKHSTAN: CHALLENGES AND POLICY RESPONSES	Prof. Dr. Nurzhan Akhmetov Dr. Aigerim Sadykova Assis. Prof. Dr. Dauren Tulepov
		2	GENDER ROLES AND FAMILY TRANSFORMATION AMONG YOUNG ADULTS IN KAZAKHSTAN	Assoc. Prof. Dr. Aliya Zhaparova Dr. Yerbolat Kassenov
		3	YOUTH ASPIRATIONS AND EDUCATIONAL MOBILITY IN ERITREA: SOCIOLOGICAL INSIGHTS	Dr. Selam Habtemariam Samuel Berhane
		4	THE IMPACT OF TRADITIONAL STRUCTURES ON COMMUNITY DEVELOPMENT IN CONTEMPORARY ERITREA	Prof. Dr. Amanuel Tesfay Kibrom Menghisteab
		5	SOCIAL CAPITAL AND HEALTH OUTCOMES AMONG OLDER ADULTS IN CAIRO NEIGHBORHOODS	Dr. Noura Fathy Prof. Dr. Hatem Abdelrahman
		6	CHANGING MARRIAGE PRACTICES AND THEIR IMPACT ON FAMILY DYNAMICS IN EGYPT	Assoc. Prof. Dr. Ahmed Sorour Dr. Mona Gaber
		7	NATIONAL IDENTITY CONSTRUCTION AMONG YOUTH IN POST-SOVIET AZERBAIJAN	Prof. Dr. Elchin Gasimov Dr. Zaur Mammadli
		8	MEDIA CONSUMPTION AND VALUES SHIFT IN URBAN AZERBAIJANI SOCIETY	Assoc. Prof. Dr. Leyla Guliyeva Aysel Jafarova
		9	AGING AND SOCIAL EXCLUSION: EXPERIENCES OF ELDERLY GREEKS IN ATHENS	Dr. Theodoros Papadopoulos Dr. Maria Giannakopoulou

AKDENIZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Aralık / Dec 5, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	**Prof. Dr. Roya Emami**	1	IMPACT OF MONETARY POLICIES ON ECONOMIC GROWTH IN POST-SANCTION IRAN	Prof. Dr. Mehrdad Tavakoli Assis. Prof. Dr. Sara Khosravi Dr. Navid Ghafari
		2	TECHNOLOGICAL INNOVATION AND ENTREPRENEURSHIP DEVELOPMENT IN IRANIAN SMES	Prof. Dr. Roya Emami Dr. Parviz Mohammadi Assis. Prof. Dr. Laleh Farhadi
		3	GLOBALIZATION AND LABOR MARKET TRANSFORMATION IN SINGAPORE	Prof. Dr. Wei Hoon Tan Assoc. Prof. Dr. Samuel Ong Dr. Jing Li
		4	FINANCIAL INCLUSION STRATEGIES AND HOUSEHOLD WELFARE IN SINGAPORE	Assoc. Prof. Dr. Priya Menon Prof. Dr. Adrian Chan Dr. Mei Lin Chia
		5	GREEN ECONOMY INITIATIVES AND INDUSTRIAL SUSTAINABILITY IN INDIA	Prof. Dr. Ashish Joshi Dr. Priya Singh
		6	SOCIO-ECONOMIC IMPACT OF MICROFINANCE PROGRAMS IN RURAL INDIA	Dr. Ramesh Kumar Prof. Dr. Meera Desai Assis. Prof. Dr. Saumya Gupta
		7	OIL PRICE FLUCTUATIONS AND MACROECONOMIC STABILITY IN ALGERIA	Prof. Dr. Nabil Rahmani Assis. Prof. Dr. Amel Toumi Dr. Farouk Benmoussa
		8	DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL EXPORT MARKETS AND RURAL INCOME IN EASTERN ALGERIA	Dr. Yasmina Cherif Prof. Dr. Mohamed Belaid
		9		

AKDENIZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Aralık / Dec 5, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	**Assoc. Prof. Dr. Ji-Young Choi**	1	APPROACHES IN CONTEMPORARY IRANIAN CALLIGRAPHY: TRADITIONAL HERITAGE AND NEW EXPRESSIONS	Prof. Dr. Morteza Farhadi Dr. Parisa Jahanbakhsh Somayeh Shams Assoc. Prof. Dr. Ali Rezaei
		2	THE EVOLUTION OF SERBIAN SCULPTURE: MONUMENTALISM AND NATIONAL IDENTITY	Prof. Dr. Marko Milenković Dr. Ivana Stojanović Dragana Ristić
		3	DEVELOPING PUBLIC ART INITIATIVES IN THE URBAN LANDSCAPE OF DOHA	Dr. Muna Al-Kuwari Assoc. Prof. Dr. Yusuf Rahman Latifa Al-Jaber
		4	CONTEMPORARY CALLIGRAPHIC ART IN QATAR: INTERSECTIONS OF TRADITION AND MODERNITY	Prof. Dr. Ghada Al-Thani Sara Al-Sayed
		5	RUSSIAN AVANT-GARDE INFLUENCE ON 21ST CENTURY RUSSIAN PAINTING	Prof. Dr. Vladimir Sokolov Svetlana Volkova Dr. Ekaterina Petrova
		6	POST-SOVIET CONTEMPORARY ART MOVEMENTS IN RUSSIA: TRENDS, CHALLENGES, AND GLOBAL DIALOGUE	Dr. Anna Ivanova Assoc. Prof. Dr. Pavel Morozov Nikita Baranov Tatiana Makarova
		7	NEW MEDIA INSTALLATION ART AND VIRTUALITY IN SOUTH KOREAN GALLERIES	Prof. Dr. Hyun-Jin Kim Jae-Won Lee
		8	PHOTOGRAPHIC REALISM AND IDENTITY REPRESENTATION IN KOREAN CONTEMPORARY ART	Dr. Min-Seok Park Assoc. Prof. Dr. Ji-Young Choi Sun-Hee Jo Prof. Dr. Kyung-Sook Hwang
		9		

AKDENIZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Aralık / Dec 5, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	**Dr. Satoshi Watanabe**	1	EQUITABLE ACCESS TO HIGHER EDUCATION IN IRAN: STRATEGIES FOR REDUCING REGIONAL DISPARITIES	Prof. Dr. Yasmin Dastgheib Assis. Prof. Dr. Mohammad Reza Farhadi Fahimeh Bakhshi
		2	IMPACT OF DIGITAL LEARNING TOOLS ON STUDENT ENGAGEMENT IN IRANIAN SECONDARY SCHOOLS	Dr. Leila Modarresi Assis. Prof. Dr. Hamed Vaziri
		3	INCLUSION POLICIES IN PRIMARY EDUCATION: A CASE STUDY FROM SERBIAN PUBLIC SCHOOLS	Prof. Dr. Luka Stanković Jovana Nikolić Assis. Prof. Dr. Marko Rajković
		4	THE EFFECT OF TEACHER PROFESSIONAL DEVELOPMENT PROGRAMS ON LEARNING OUTCOMES IN SERBIA	Assis. Prof. Dr. Ana Petrović Dragan Ilić Zorica Stevanović
		5	INNOVATIVE APPROACHES TO CURRICULUM DESIGN IN IRAQI UNIVERSITIES: CHALLENGES AND PROGRESS	Assoc. Prof. Dr. Ahmad Al-Jubouri Assis. Prof. Dr. Sana Hameed Dr. Ali Kareem
		6	EDUCATIONAL TECHNOLOGY INTEGRATION IN TEACHER TRAINING COLLEGES IN IRAQ	Prof. Dr. Samir Mahmoud Assis. Prof. Dr. Rana Al-Taie
		7	NEW METHODOLOGICAL TRENDS IN ONLINE LEARNING ACROSS RUSSIAN UNIVERSITIES	Prof. Dr. Sergey Ivanov Dr. Ekaterina Sokolova Assis. Prof. Dr. Pavel Kuznetsov
		8	STUDENT MOTIVATION AND SELF-REGULATED LEARNING IN HYBRID HIGHER EDUCATION MODELS IN RUSSIA	Assoc. Prof. Dr. Olga Morozova Natalia Fedorova
		9	ADVANCEMENTS IN STEM CURRICULA AND PROJECT-BASED LEARNING IN JAPANESE HIGH SCHOOLS	Prof. Dr. Akira Tanaka Takashi Suzuki Yumi Matsumoto Martina Kobayashi

AKDENIZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Aralık / Dec 5, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	**Dr. Mohammed Al-Rashid**	1	INNOVATIVE TEACHING STRATEGIES IN HIGHER EDUCATION	Dr. Ahmed Al-Mutairi Dr. Sara Al-Fahad
		2	DIGITAL LEARNING PLATFORMS AND STUDENT ENGAGEMENT	Dr. Leila Mansouri Prof. Dr. Reza Khatami Neda Farhadi
		3	CURRICULUM DEVELOPMENT FOR MULTILINGUAL CLASSROOMS	Dr. Rasha Al-Haddad Omar Al-Masri
		4	THE ROLE OF TEACHER TRAINING IN IMPROVING EDUCATIONAL OUTCOMES	Dr. Fadi Khalil Dr. Lina Youssef Dr. Samir Nassar
		5	EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES	Dr. Fatemeh Rahimi Dr. Ali Karimi
		6	BLENDED LEARNING APPROACHES IN UNIVERSITY SETTINGS	Amal Hassan Dr. Yasser Ibrahim Prof. Dr. Huda Mahmoud
		7	STUDENT-CENTERED LEARNING AND ACADEMIC ACHIEVEMENT	Dr. Mohammed Al-Rashid Dr. Aisha Al-Salem
		8	TECHNOLOGY INTEGRATION IN MODERN CLASSROOMS	Dr. Hassan Jafar Dr. Mariam Abbas Dr. Ali Hussein Prof. Dr. Zainab Karim
		9		

AKDENIZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Aralık / Dec 5, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	**Prof. Dr. Bassam Darwish**	1	LANGUAGE AND IDENTITY IN CONTEMPORARY ARABIC NOVELS	Ahmed Al-Farouqi Layla Hassan
		2	POETIC TRADITIONS AND SYMBOLISM IN PERSIAN LITERATURE	Dr. Reza Mahdavi Niloofar Azimi Farhad Ghanbari
		3	THE INFLUENCE OF CLASSICAL TURKISH POETRY ON MODERN PROSE	Prof. Dr. Mehmet Erdem Zeynep Kaya
		4	ORAL STORYTELLING AND CULTURAL MEMORY IN IRAQI LITERATURE	Samira Al-Khalidi Ali Hussein Dr. Fadwa Salman
		5	THEMES OF EXILE AND BELONGING IN PALESTINIAN POETRY	Dr. Rami Barakat Aisha Khalil
		6	WOMEN'S VOICES IN CONTEMPORARY SYRIAN FICTION	Nour Haddad Rana Al-Shami Prof. Dr. Bassam Darwish
		7	LINGUISTIC HERITAGE AND IDENTITY FORMATION IN LEBANESE DRAMA	Karim Mansour Dr. Leila Choueiri

AKDENIZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Aralık / Dec 5, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	**Assoc. Prof. Dr. Cristian Petrescu**	1	SPATIAL ANALYSIS OF FOOTBALL PERFORMANCE USING DIGITAL TRACKING TECHNOLOGIES	Prof. Dr. Kamran Mammadov Assoc. Prof. Dr. Leyla Aliyeva Rashad Huseynli
		2	THE ROLE OF SPORTS NUTRITION IN ENHANCING ATHLETIC ENDURANCE: A CASE STUDY IN YOUTH TEAMS	Assoc. Prof. Dr. Aygun Taghizada Nijat Safarov
		3	PSYCHOLOGICAL FACTORS AFFECTING THE SUCCESS OF ELITE WRESTLERS	Prof. Dr. Elchin Abbasov Samira Karimova Assis. Prof. Dr. Rauf Mehdiyev
		4	KINEMATIC APPROACHES TO OPTIMIZE GYMNASTIC TRAINING ROUTINES	Prof. Dr. Andrei Popescu Maria Ionescu Assoc. Prof. Dr. Elena Dobre
		5	EFFECTIVENESS OF RECOVERY STRATEGIES IN PROFESSIONAL HANDBALL TEAMS	Assoc. Prof. Dr. Cristian Petrescu Ioana Marinescu
		6	MOTIVATIONAL DYNAMICS IN YOUTH SPORTS DEVELOPMENT PROGRAMS Prof. Dr. Sorin Vasilescu	Anca Radu Dr. Mihai Florescu
		7	THE IMPACT OF CLIMATE CONDITIONS ON MARATHON PERFORMANCE IN EAST AFRICA	Assoc. Prof. Dr. John Mwangi Peter Otieno Samuel Njoroge
		8	ANALYSIS OF INJURY PATTERNS IN PROFESSIONAL FOOTBALL LEAGUES OF WEST AFRICA	Dr. Kofi Mensah Assoc. Prof. Dr. Ama Boateng
		9		

AKDENIZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Aralık / Dec 5, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 9	**Prof. Dr. Kwame Mensah**	1	THE IMPACT OF URBANIZATION ON SOCIAL BEHAVIOR AND COMMUNITY INTERACTIONS	Nijat Mammadov Leyla Aliyeva Togrul Rustamov
		2	SOCIAL MEDIA INFLUENCE ON YOUTH CULTURE AND IDENTITY FORMATION	Assoc. Prof. Dr. Farid Huseynov Aynur Guliyeva
		3	GENDER ROLES AND FAMILY DYNAMICS IN MODERN SOCIETY	Prof. Dr. Elchin Safarov Nigar Hasanli
		4	THE EFFECTS OF MIGRATION ON CULTURAL INTEGRATION AND SOCIAL COHESION	Dr. Ioana Popescu Alina Ionescu Mihai Dumitrescu
		5	EDUCATIONAL INEQUALITIES AND THEIR IMPACT ON SOCIAL MOBILITY	Assoc. Prof. Dr. Sorin Marinescu Elena Georgescu
		6	SOCIAL PERCEPTIONS OF HEALTHCARE IN AFRICAN URBAN COMMUNITIES	Prof. Dr. Kwame Mensah Amina Okafor
		7	THE ROLE OF TRADITIONAL BELIEFS IN SHAPING MODERN SOCIAL NORMS	Dr. Thabo Nkosi Fatoumata Diallo Assoc. Prof. Dr. Chike Obi
		8	YOUTH ENGAGEMENT IN POLITICAL PROCESSES AND CIVIC PARTICIPATION	Prof. Dr. Adebayo Adekunle Nia Kambale Dr. Zuri Mwangi
		9		

AKDENIZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Aralık / Dec 5, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	**Dr. Öğr. Üyesi, Emel TEKTEN**	1	ROBOTLARIN ANONİM ŞİRKETLERDE YÖNETİM KURULU ÜYESİ OLABİLİRLİĞİ	Dr. Öğr. Üyesi, Emel TEKTEN
		2	YAPAY ZEKÂ TARAFINDAN ÜRETİLEN MARKALARDA TESCİL VE SAHİPLİK SORUNU	Dr. Öğr. Üyesi, Emel TEKTEN
		3	HUKUK MUHAKEMELERİ KANUNU KAPSAMINDA TAHKİME ELVERİŞLİLİK	Av. Dr. Yasemin MISTAÇOĞLU
		4	THE CONCEPT OF EQUITY IN THE CONTEXT OF PRIVATE INTERNATIONAL LAW	Av. Aslıhan GÜLCAN
		5	MİLLETLERASI EVLAT EDİNME	Necla ÖZTÜRK Güven YARAR
		6	MİLLETLERARASI SÖZLEŞMELER HUKUKUNDA ÜÇÜNCÜ DEVLETİN DOĞRUDAN UYGULANAN KURALLARI	Necla ÖZTÜRK Güven YARAR

AKDENIZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
December 5 - 7, 2025
GİRNE
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

5 Aralık / Dec 5, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)

Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	**Prof. Dr. İbrahim BOR**	1	KELAMÎ BİR BAKIŞLA KIBRIS TÜRKLERİNİN TANRI TASAVVURUNDA HANEFÎ-MÂTÜRÎDÎ ETKİ	Dr. Öğr. Üyesi, Aslı MENEKŞE
		2	CONCEPTIONS OF GOD IN THE HISTORY OF PHILOSOPHY	Prof. Dr. İbrahim BOR
		3	THE EFFECTS OF GLOBALIZATION ON PARENTING ROLES	Doç. Dr. Eyüp KURT
		4	THE POSSİBİLİTY OF SUSTAİNİNG THE TRADİTİONAL FAMİLY DESPİTE MODERNİTY	Doç. Dr. Eyüp KURT
		5	PEYGAMBER SEVGİSİNİN İSLAM'DAKİ YERİ VE GÜNÜMÜZDEKİ ÖNEMİ	Maruf ERDOĞAN
		6	CONCEPTUAL COLLOCATION ANALYSIS IN ARABIC LITERARY GENRES: THE CONTRIBUTION OF DIGITAL TRANSFORMATION IN A CORPUS-BASED STUDY OF LEXICAL ASSOCIATIONS	Doç. Dr. İsmail EKİNCİ

AKDENIZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
December 5 - 7, 2025
GİRNE
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

5 Aralık / Dec 5, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)

Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	Assoc. Prof. Dr. Mesut ŞÖHRET	1	AN ACADEMIC EVALUATION ON THE GRAMSCIAN CONCEPT OF HEGEMONY	Dr. Elif Asiye BAŞER Assoc. Prof. Dr. Mesut ŞÖHRET
		2	CAATSA EKSENİNDE STRATEJİK ÖZERKLİK VE GÜÇ DÖNÜŞÜMÜ: HİNDİSTAN–TÜRKİYE–ABD ÜÇGENİNDE YENİ DENGELER	Doç. Dr. Ferhat Çağrı ARAS Dr. Öğretim Üyesi Yasin Çağlar KAYA
		3	ASYA'NIN YEŞİL REKABETİ: HİNDİSTAN VE ÇİN'İN SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA POLİTİKALARININ JEOPOLİTİK BOYUTU	Doç. Dr. Ferhat Çağrı ARAS Dr. Öğretim Üyesi Yasin Çağlar KAYA
		4	DEVLET AKLI SİYASETİ: KAVRAMSAL TEMELLERİ, KURAMSAL ARKA PLANI VE ÇAĞDAŞ YORUMLAR	Öğr. Gör. Dr. Enes Berhudan KÖKERER
		5	SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK İÇİN AKILLI ŞEHİRLER	Lisans, Merve Gül SÜMBÜL Doç. Dr., Bülent YILDIZ
		6	THE ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR DROUGHT MANAGEMENT: ADVANTAGES AND OPERATIONAL CONSTRAINTS	Dr. Öğr. Üyesi Cihan Necmi GÜNAL Betül GÖÇERİ
		7	AUTONOMOUS DRIVING AI AS A GOVERNING INSTRUMENT IN SMART CITIES: A DOCUMENT ANALYSIS OF OPPORTUNITIES AND THREATS	Dr. Öğr. Üyesi Cihan Necmi GÜNAL Arş. Gör. Dr. Hande YÜKSEL ALTINTAŞ
		8	DİJİTAL BİR MİLAT OLARAK 2000-2005 DÖNEMİ: WEB 2.0 TEKNOLOJİLERİNİN DEMOKRASİ VE EĞİTİM PARADİGMALARINDAKİ DÖNÜŞTÜRÜCÜ ROLÜ	ÖMER FARUK CEYLAN

AKDENIZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
December 5 - 7, 2025
GİRNE
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

5 Aralık / Dec 5, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)

Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	Dr. Öğr. Üyesi Ezgi AKINCI DEMİRBAŞ	1	INTEGRATING SKILL DEVELOPMENT THROUGH EXPERIENTIAL MODEL CLASSROOMS: IMPLEMENTING NEP 2020 TO REALIZE VIKSIT BHARAT IN HIGHER EDUCATION	Prof Mamta Sharma Prof Sandeep K Sharma
		2	ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN AİLE KAVRAMINA İLİŞKİN METAFORİK ALGILARI	Dr. Öğr. Üyesi Ezgi AKINCI DEMİRBAŞ Prof. Dr. Aygen ÇAKMAK Prof. Dr. Hande ŞAHİN
		3	AN ANALYSIS OF STUDIES CONDUCTED WITH SPECIAL EDUCATION TEACHERS REGARDING INTIMACY EDUCATION FOR INDIVIDUALS WITH MENTAL DISABILITIES	Dr. Öğr. Üyesi ÖZGE ÜNLÜ Öğretmen Hatice GÜRBÜZ
		4	AN ANALYSIS OF SEXUAL EDUCATION STUDIES CONDUCTED FOR FAMILIES OF INDIVIDUALS WITH MENTAL DISABILITIES AND AUTISM SPECTRUM DISORDER	Dr. Öğr. Üyesi Özge ÜNLÜ Sağlık Teknisyeni Metehan ACAR
		5	DOCUMENT ANALYSIS ON THE PARTICIPATION OF MIGRANT FAMILIES WITH CHILDREN WITH SPECIAL NEEDS IN THE EDUCATION PROCESS IN TURKEY: FOCUS OF THE LITERATURE AND THE PERSPECTIVE GAP	Doç. Dr. Emre ÜNLÜ Öğretmen Gül Hilal UÇAR
		6	LAW ENFORCEMENT OFFİCERS' AWARENESS LEVELS OF AUTİSM SPECTRUM DİSORDER: A REVİEW OF NATİONAL AND INTERNATİONAL LİTERATURE	Doç. Dr. Emre ÜNLÜ Öğretmen Kağan GÜMÜŞ
		7	THEMATIC ANALYSIS OF THESES ON MISCONCEPTIONS IN SCIENCE PHYSICS SUBJECTS: THE EXAMPLE OF TÜRKİYE (2003-2025)	Yüksek Lisans Öğrencisi, Büşra Sümeyye HANÖZÜ Doç. Dr., Salih DEĞİRMENCİ
		8		

AKDENIZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
December 5 - 7, 2025
GİRNE
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

5 Aralık / Dec 5, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)

Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	**Assoc. Prof. Dr. Özcan IŞIK**	1	PROFITABILITY ASSESSMENT BASED ON FINANCIAL RATIOS: SECTORAL COMPARISON USING THE SPC–PIV MODEL	Lecturer Dr. Osman Yavuz AKBULUT
		2	A MULTI-CRITERIA EVALUATION OF THE PRODUCTIVITY PERFORMANCE OF THE FOREIGN DEPOSIT BANKING SECTOR EMPLOYING AN INTEGRATED CRITIC–RAWEC APPROACH	Lecturer Dr. Osman Yavuz AKBULUT
		3	EFFICIENCY ASSESSMENT IN THE BANKING INDUSTRY: AN INTEGRATED SV–MARCOS MODEL APPLICATION	Assoc. Prof. Dr. Özcan IŞIK
		4	COMPARATIVE ANALYSIS OF ESG RISKS FOR BANKS LISTED IN THE BIST SUSTAINABILITY INDEX: AN INTEGRATED SITDE–SAW MODEL	Assoc. Prof. Dr. Özcan IŞIK
		5	NURSES' PERCEPTIONS OF NEURODIVERSITY AND AN EVALUATION OF DIVERSITY, EQUITY, INCLUSION, AND BELONGING (DEIB) PRACTICES FROM THIS PERSPECTIVE	Assist. Prof. Mehmet Fatih KANOĞLU Assoc. Prof. Yusuf ÖCEL
		6	EXAMINATION OF RELATIONSHIPS BETWEEN HEALTH ANXIETY AND DEMOGRAPHIC CHARACTERISTICS	Assoc. Prof. Yusuf ÖCEL Assist. Prof. Mehmet Fatih KANOĞLU

AKDENIZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Aralık / Dec 5, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	**Doç. Dr., Canan YILDIRAN**	1	TECHNOLOGY READINESS AND RESISTANCE PROFILES OF ACCOUNTING PROFESSIONALS IN THE DIGITAL TRANSFORMATION ERA: A K-MEANS CLUSTER ANALYSIS	Prof. Dr. Rahmi YÜCEL Araş. Gör. Fatih EROĞLU
		2	THE ROLE OF PERCEIVED INNOVATION AND FIT IN THE ADOPTION OF STRATEGIC PLANS: AN EXAMINATION WITHIN THE TECHNOLOGY ACCEPTANCE MODEL FRAMEWORK	Yücel EFE Asst. Prof. Dr. Derya YÜCEL Prof. Dr. Rahmi YÜCEL
		3	GENAI-AUGMENTED DECISION MAKING IN ORGANIZATIONS: REDUCING MANAGERIAL COGNITIVE LOAD AND BIAS THROUGH HUMAN–AI COLLABORATION	Assist. Prof. Dr. Sezai TUNCA
		4	PSİKOLOJİK GÜÇLENDİRME ile DEMOGRAFİK ÖZELLİKLER ARASINDAKİ İLİŞKİ: KAMU ÇALIŞANLARI ÖRNEĞİ	Dr. Öğr. Üyesi, Oya ÖNALAN Doç. Dr., Canan YILDIRAN
		5	KONYA İLİNDE MÜŞTERİLERİN KATILIM BANKALARINI TERCİHLERİNDEKİ BELİRLEYİCİ FAKTÖRLER	Yiğit OKUR Dr.Ögr.Üyesi.Hüseyin ERGUN

AKDENİZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Aralık / Dec 5, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	**Prof. Dr. Elif AKPINAR KÜLEKÇİ**	1	THE IMPORTANCE OF ERZINCAN GİRLEVİK WATERFALL IN TERMS OF WETLAND ECOSYSTEMS AND ITS SUSTAINABLE USE POTENTIAL	Prof. Dr. Elif AKPINAR KÜLEKÇİ
		2	WATER USE IN JAPANESE GARDENS: DESIGN PRINCIPLES AND SPATIAL ARRANGEMENTS	Prof. Dr. Elif AKPINAR KÜLEKÇİ Doç. Dr. Feran AŞUR
		3	DESIGN PRINCIPLES AND CONSTRUCTION PHASES OF WATER GARDENS: COMPARISON OF NATURAL AND ARTIFICIAL APPROACHES	Prof. Dr. Elif AKPINAR KÜLEKÇİ
		4	THE SPATIAL AND ARCHITECTURAL CONTRIBUTIONS OF LIGHTING ON BUILDING FACADES IN TANZIMAT-ERA ISTANBUL: THE BEYOĞLU-PERA EXAMPLE	Yüksek Lisans Öğrencisi Mimar Ceren EDREMİT Öğr. Gör. Dr. Büşranur GÜLEÇ DEMİREL
		5	WOMEN'S SPACES İN ISTANBUL AFTER THE TANZİMAT: URBAN DİSTRİBUTİON İN THE 1840–1910 PERİOD	Yüksek Lisans Öğrencisi Mimar Tuğba SİYAH Öğr. Gör. Dr. Büşranur GÜLEÇ DEMİREL
		6	YOL YAPIM TEKNİKLERİNDE YAPAY ZEKANIN KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI	Dr. Öğretim Üyesi, Özlem BATTAL ŞAL Öğrenci, Hawaa HAMID AL HUSSIN
		7	YOL YAPIM TEKNİKLERİNDEKİ RİSKLER ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME	Dr. Öğretim Üyesi, Özlem BATTAL ŞAL Öğrenci, Youssra TSOULI

AKDENİZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Aralık / Dec 5, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	**Assit.Prof.Dr. Naci BÜYÜKKARACIĞAN**	1	ELECTRICAL INSTALLATION STANDARDS IN TERMS OF FIRE SAFETY	Öğr. Gör. Dr., Muhammed Kemalettin TORAMAN Dr. Öğr. Üyesi, Erşan Ömer YÜZER
		2	ENERGY EFFICIENCY IN BUILDINGS AND SMART ELECTRICAL SYSTEMS	Öğr. Gör. Dr., Muhammed Kemalettin TORAMAN Dr. Öğr. Üyesi, Erşan Ömer YÜZER
		3	AI-BASED SOLUTIONS FOR ISLANDING DETECTION IN SOLAR POWER PLANTS	Elektrik- Elektronik Mühendisi, EREN DOĞAN Prof. Dr. Mehmet Ali ÖZÇELİK
		4	ARCHITECTURES AND PERCEPTION–LOCALIZATION FRAMEWORKS FOR AUTONOMOUS VEHICLES: A LAYERED REVIEW	Research Assistant, Ömer Can TOLUN
		5	SENSING TECHNOLOGIES FOR AUTONOMOUS VEHICLES: A COMPARATIVE REVIEW OF CAMERAS, LIDAR, AND RADAR	Research Assistant, Ömer Can TOLUN
		6	BUILDING ENERGY PERFORMANCE AND REAL ESTATE VALUE RELATIONSHIP: AN ENGINEERING PERSPECTIVE	Assit.Prof.Dr. Naci BÜYÜKKARACIĞAN Lect. Mehmet Nuri ÖDÜK
		7	APPLICATION POTENTIAL OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE–BASED REAL ESTATE VALUATION MODELS	Assit.Prof.Dr. Naci BÜYÜKKARACIĞAN Lect. Mehmet Nuri ÖDÜK
		8	EFFECTIVENESS AND IMPLEMENTATION ANALYSIS OF LOCAL GOVERNMENTS' URBAN TRANSFORMATION POLICIES	Lect. Mehmet Nuri ÖDÜK Assit.Prof.Dr. Naci BÜYÜKKARACIĞAN
		9	HOTEL MANAGEMENT APPLICATIONS WITH FUZZY LOGIC	Lect. Mehmet Nuri ÖDÜK Assit.Prof.Dr. Naci BÜYÜKKARACIĞAN

AKDENİZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 5 - 7, 2025
GİRNE
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

5 Aralık / Dec 5, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)

Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 9	**Prof. Dr. Hüseyin ÜNAL**	1	CHARACTERIZATION OF MECHANICAL AND ELECTRICAL PROPERTIES OF CARBON NANOTUBE AND CARBON BLACK REINFORCED POLYESTER HYBRID COMPOSITES	Mechanical Engineer Cihat ARDA Prof. Dr. Hüseyin ÜNAL Metallurgical and Metarials Engineer Şevval YILMAZ
		2	MECHANICAL RESPONSE OF MULTIAXIAL GLASS FIBER WOVEN-REINFORCED POLYESTER COMPOSITE MATERIALS	Metallurgical and Metarials Engineer İbrahim KURTEN Prof. Dr. Hüseyin ÜNAL Metallurgical and Metarials Engineer Nisan YEŞİL Mechanical Engineer Mert SELMANOĞLU
		3	P20+NI KALIP ÇELİĞİNDE FARKLI ÖN ISIL İŞLEMLER VE NİTRASYON SÜRELERİNİN YÜZEY TABAKA KARAKTERİSTİKLERİNE ETKİSİ	Metalurji ve Malzeme Mühendisi, Begüm BOZKUŞ Dr. Öğr. Üyesi Naci Arda TANIŞ
		4	FINDIKKABUĞU DOLGULU VİNİLESTER ESASLI KOMPOZİTLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ	Doç. Dr. İlyas KARTAL Sudenaz KILINÇASLAN
		5	SARIÇAM TALAŞI DOLGULU VİNİLESTER ESASLI KOMPOZİTLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ	Doç. Dr. İlyas KARTAL Büşra BAYINDIR
		6	CREATIVE INDUSTRIES: AN INDUSTRIAL DESIGN ENGINEERING APPROACH	Asst. Prof. Fatma Nazlı Özsolak Yunus CANBEK
		7	ZEMİN ARAŞTIRMALARINDA LABORATUVAR DENEYLERİ İLE JEOFİZİK BULGULARIN BÜTÜNLEŞİK DEĞERLENDİRİLMESİ: BORNOVA/İZMİR ÖRNEĞİ	Melis KILIÇOĞLU Doç. Dr. Emre TİMUR

AKDENIZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Aralık / Dec 5, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	**Dr. Tamer Fahmy Assoc. Prof. Dr. Dina Adel**	1	THE IMPACT OF URBANIZATION ON SOCIAL RELATIONSHIPS AND COMMUNITY STRUCTURE	Prof. Dr. Ali Rezaei Dr. Mahsa Karimi Hamed Fathi
		2	SOCIAL MEDIA AND ITS EFFECTS ON YOUTH IDENTITY FORMATION	Dr. Leila Mohammadi Saeid Tavakoli
		3	GENDER ROLES AND FAMILY DYNAMICS IN MODERN IRANIAN SOCIETY	Assoc. Prof. Dr. Narges Ahmadi Fatemeh Hosseini
		4	THE ROLE OF EDUCATION IN SOCIAL MOBILITY AND INEQUALITY	Dr. Amir Hossein Zarei
		5	CULTURAL HERITAGE AND COLLECTIVE MEMORY IN CONTEMPORARY EGYPT	Prof. Dr. Ahmed El-Sayed Sara Hassan Mona Khalil
		6	SOCIAL INEQUALITY AND ACCESS TO HEALTHCARE SERVICES IN URBAN EGYPT	Dr. Tamer Fahmy Assoc. Prof. Dr. Dina Adel
		7	YOUTH UNEMPLOYMENT AND ITS SOCIOECONOMIC IMPACT IN KAZAKHSTAN	Zhanar Mukhamedova Dr. Timur Sadykov Prof. Dr. Aigul Bektayeva
		8	TRADITIONAL CUSTOMS AND MODERNIZATION: CHALLENGES TO KAZAKHSTAN RURAL COMMUNITIES	Dr. Yerlan Akhmetov Assis. Prof. Dr. Gulnara Zhaksylykova
		9		

AKDENIZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Aralık / Dec 5, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	**Assoc. Prof. Dr. Svetlana Karpova**	1	ENHANCING EDUCATIONAL EQUITY THROUGH UNIVERSAL ACCESS POLICIES IN IRANIAN SECONDARY SCHOOLS	Prof. Dr. Fereshteh Davoudi Assis. Prof. Dr. Vahid Mahmoudi Marjan Zarei
		2	ADAPTING UNIVERSITY TEACHING FOR DIGITAL LEARNERS: CHALLENGES AND INNOVATIONS IN IRAN	Assoc. Prof. Dr. Saeed Rohani Dr. Niloofar Taghavi
		3	MULTILINGUAL EDUCATION AND INTEGRATION: POLICY EXPERIENCES IN SERBIAN PRIMARY SCHOOLS	Prof. Dr. Katarina Jovanović Vladimir Ilić Assis. Prof. Dr. Slobodan Milenković
		4	THE IMPACT OF TEACHER PROFESSIONAL DEVELOPMENT ON STUDENT ACHIEVEMENT IN SERBIAN SECONDARY SCHOOLS	Dr. Jelena Petrović Assis. Prof. Dr. Marko Vuković Nikola Filipović Marina Mihajlović
		5	CURRICULUM REFORM AND EMPLOYABILITY SKILLS DEVELOPMENT IN IRAQI UNIVERSITIES	Assoc. Prof. Dr. Zainab Al-Musawi Mustafa Aziz Ali Taha
		6	BARRIERS TO GIRLS' SECONDARY EDUCATION PARTICIPATION IN RURAL IRAQ: SOCIAL AND STRUCTURAL FACTORS	Dr. Rasha Al-Tamimi Assoc. Prof. Dr. Samir Jameel
		7	INNOVATIVE TEACHING METHODS AND STUDENT ENGAGEMENT IN LARGE RUSSIAN UNIVERSITIES	Prof. Dr. Irina Sokolova Oleg Novikov Assis. Prof. Dr. Tatiana Demidova Mikhail Petrov
		8	DISTANCE LEARNING AND STUDENT WELLBEING: EXPERIENCES FROM REGIONAL UNIVERSITIES IN RUSSIA	Assoc. Prof. Dr. Svetlana Karpova Natalia Smirnova Lyudmila Ivanova

AKDENIZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Aralık / Dec 5, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	**Prof. Dr. Shalini Kaur**	1	LEGAL CHALLENGES IN THE IMPLEMENTATION OF DATA PRIVACY REGULATIONS IN INDIA	Prof. Dr. Priya Srivastava Dr. Rajiv Menon
		2	ACCESS TO JUSTICE AND THE ROLE OF PUBLIC INTEREST LITIGATION IN INDIAN CONSTITUTIONAL LAW	Prof. Dr. Shalini Kaur
		3	THE EVOLUTION OF PROPERTY LAW IN POST-COMMUNIST ROMANIA	Assoc. Prof. Dr. Ioana Popescu Dr. Alexandru Stan Dr. Corina Petrescu
		4	CONSTITUTIONAL REFORM AND JUDICIAL INDEPENDENCE IN MODERN ROMANIA	Radu Ionescu Mircea Dragomir
		5	LEGAL FRAMEWORKS FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION IN INDONESIA: ANALYSIS OF THE BASIC ENVIRONMENTAL LAW	Prof. Dr. Indah Yuliana Dr. Farid Arifin
		6	THE EMERGENCE OF CYBER LAW IN INDONESIAN E-COMMERCE AND DIGITAL ECONOMY	Dr. Wira Pratama Assoc. Prof. Dr. Siti Rahmawati Dr. Agung Nugroho
		7	TRENDS IN JUDICIAL REFORM AND ACCESS TO LEGAL AID IN KAZAKHSTAN	Assoc. Prof. Dr. Serik Akhmetov
		8	ADOPTION OF MEDIATION IN CIVIL DISPUTE RESOLUTION: THE KAZAKHSTAN EXPERIENCE	Prof. Dr. Gulmira Rakhimova Dr. Dauren Zhaksybek Aigerim Sarsembay
		9		

AKDENIZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Aralık / Dec 5, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	**Prof. Dr. Farid Ahmadov**	1	EXPLORING THE POLITICAL IMPACT OF THE INDIAN INDEPENDENCE MOVEMENT ON COLONIAL GOVERNANCE	Prof. Dr. Anjali Sharma Dr. Mohan Srinivasan Assoc. Prof. Dr. Priya Menon
		2	ARCHITECTURAL HERITAGE AND CULTURAL SYNTHESIS DURING THE MUGHAL PERIOD IN INDIA	Ravi Sahu
		3	THE SPANISH INFLUENCE ON PHILIPPINE LOCAL GOVERNMENTS AND SOCIOPOLITICAL SYSTEMS	Dr. Carina Cruz Luis Santos
		4	DECOLONIZATION AND NATIONAL IDENTITY: THE ROLE OF EDUCATION IN PHILIPPINE POSTWAR RECONSTRUCTION	Prof. Dr. Maria Teresa Ramos Maricel Bautista Dr. Jose R. Enriquez
		5	TRADE ROUTES, MARITIME POWER, AND SOCIAL DYNAMICS IN OMAN'S INDIAN OCEAN HISTORY	Dr. Khalid Al-Abri Assoc. Prof. Dr. Aisha Al-Rashidi
		6	ARCHAEOLOGICAL DISCOVERIES AND HISTORICAL INTERPRETATIONS OF ANCIENT OMANI CITIES	Assoc. Prof. Dr. Hamad Al-Shamsi Dr. Ahmed Al-Nabhani Rahma Yaqoob
		7	THE FORMATION OF NATIONAL IDENTITY IN MODERN AZERBAIJAN: HISTORY, MYTH, AND POLITICS	Prof. Dr. Farid Ahmadov Nigar Mamedova
		8	HISTORICAL DEVELOPMENT OF OIL INDUSTRY AND ECONOMIC TRANSFORMATION IN BAKU	Assoc. Prof. Dr. Rauf Guliyev Leyla Gasimova Dr. Samir Khalilov
		9	OTTOMAN EMPIRE DIPLOMACY AND THE ALBANIAN NATIONAL MOVEMENT	Assoc. Prof. Dr. Erion Prifti Alketa Shkodra

AKDENIZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Aralık / Dec 5, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	**Dr. Isabelle Martin**	1	THE IMPACT OF DIGITAL FABRICATION ON FRENCH ARCHITECTURE AND DESIGN EDUCATION	Prof. Dr. Lucie Moreau Dr. Thibault Lavigne Amélie Durand Vincent Renaud
		2	EXPLORING COLOR, FORM, AND SPACE IN CONTEMPORARY AZERBAIJANI PAINTING	Dr. Farid Aslanov Aytac Karimli
		3	INTEGRATING TRADITIONAL MOTIFS IN CONTEMPORARY AZERBAIJANI TEXTILE DESIGN	Prof. Dr. Leyla Mammadova
		4	CULTURAL IDENTITY AND SYMBOLISM IN MODERN FRENCH FASHION DESIGN	Dr. Isabelle Martin
		5	EXPLORING COMMUNITY ART INITIATIVES AND SOCIAL CHANGE IN ADDIS ABABA	Dr. Makeda Nega Prof. Dr. Takele Taddese
		6	MEN'S AND WOMEN'S PERSPECTIVES IN CONTEMPORARY ETHIOPIAN SCULPTURE	Tadesse Abate Selamawit Birhanu Dr. Ayana Tafese Genet Habte
		7	THE INFLUENCE OF PERSIAN MINIATURE PAINTING ON CONTEMPORARY IRANIAN GRAPHIC DESIGN	Prof. Dr. Farzaneh Rad
		8	EXPERIMENTAL TYPOGRAPHY IN CONTEMPORARY IRANIAN POSTER DESIGN	Shirin Bazargan
		9		

AKDENIZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Aralık / Dec 5, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	**Assoc. Prof. Dr. Lina Najjar**	1	CHILD PROTECTION STRATEGIES IN RURAL COMMUNITIES OF KYRGYZSTAN	Prof. Dr. Bakytbek Isakov Assis. Prof. Dr. Aizada Amanova
		2	INTEGRATING FAMILY SYSTEMS THEORY INTO SOCIAL WORK EDUCATION IN KYRGYZSTAN	Assis. Prof. Dr. Gulnur Koichumanova
		3	POST-CONFLICT SOCIAL WORK PRACTICES AMONG INTERNALLY DISPLACED PERSONS IN SYRIA	Assoc. Prof. Dr. Fadi Al-Hamdan Dr. Nada Saoud Maysoun Khalil
		4	WOMEN'S EMPOWERMENT INITIATIVES THROUGH SOCIAL SERVICES IN SYRIAN UNIVERSITIES	Assoc. Prof. Dr. Lina Najjar
		5	INNOVATION IN SOCIAL WORK PRACTICES IN RUSSIAN URBAN CENTERS	Natalia Smirnova Assis. Prof. Dr. Zalina Danilova Dr. Yulia Roslova
		6	THE ROLE OF SOCIAL WORKERS IN ADDRESSING ADDICTION AND SUBSTANCE ABUSE IN RUSSIA	Assis. Prof. Dr. Anna Sokolova Dmitry Ivanov
		7	YOUTH ENGAGEMENT IN COMMUNITY DEVELOPMENT PROGRAMS IN PALESTINIAN UNIVERSITIES	Prof. Dr. Amira Khalil Assis. Prof. Dr. Ramzi Barakat

AKDENIZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Aralık / Dec 5, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	**Dr. Meena Raval Assis. Prof. Dr. Amatma Sharma**	1	POSTCOLONIAL THEMES IN MODERN INDIAN NOVELS: RECONSTRUCTING IDENTITY AND CULTURE	Prof. Dr. Kavita Choudhury Dr. Rajesh Mishra
		2	TRANSLATION, GENDER, AND POLITICS IN SOUTH ASIAN WOMEN'S POETRY	Dr. Meena Raval Assis. Prof. Dr. Amatma Sharma
		3	REPRESENTING INDIGENOUS MYTHS AND FOLKLORE IN CONTEMPORARY PHILIPPINE SHORT STORIES	Assis. Prof. Dr. Maria Lourdes Sanchez Dr. Ricardo Ramos Isabel Bautista
		4	SOCIAL REALISM IN PHILIPPINE POETRY: REFLECTIONS ON HISTORY, CLASS, AND RESISTANCE	Dr. Patricia Gomez James Dela Cruz Carlotta Pascual Dr. George Castor
		5	MODERNITY AND TRADITION IN KOREAN LITERARY NARRATIVES: A GENERATIONAL DIALOGUE	Assoc. Prof. Dr. Min-Seok Kim Soojin Park
		6	FEMINIST CRITICISM AND WOMEN'S NARRATIVES IN KOREAN NOVELS AFTER 2000	Dr. Jiyoung Lee Assis. Prof. Dr. Hana Park
		7	NEGRITUDE, LANGUAGE, AND IDENTITY IN SENEGALESE FRANCOPHONE NOVELS	Prof. Dr. Moussa Diop Dr. Fatou Ndiaye Samba Fall
		8	THE AESTHETICS OF ORAL STORYTELLING AND SONG IN SENEGAL'S CONTEMPORARY LITERARY SCENE	Dr. Aminata Sarr Daouda Faye Babacar Ndoye Ibrahima Ba

AKDENIZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Aralık / Dec 5, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	**Assoc. Prof. Dr. Anna Petraki**	1	OPTIMIZING SUPPLY CHAIN RESILIENCE IN NIGERIAN AGRIBUSINESS: STRATEGIES FOR RISK MANAGEMENT AND EFFICIENCY	Assoc. Prof. Dr. Ibrahim Sanusi
		2	THE IMPACT OF INDUSTRIAL ENGINEERING PROCESSES ON MANUFACTURING PRODUCTIVITY IN NIGERIAN SMEs	Dr. Chika Eze
		3	SUSTAINABLE ENERGY SYSTEMS PLANNING THROUGH ECONOMIC ENGINEERING METHODS IN PAKISTAN	Prof. Dr. Asif Mahmood Fatima Raza Dr. Bilal Shah Hamza Ahmed
		4	APPLICATION OF OPERATIONS RESEARCH TECHNIQUES IN HEALTHCARE RESOURCE ALLOCATION IN PAKISTAN	Dr. Mehwish Iqbal Assoc. Prof. Dr. Nasir Javed
		5	ADVANCED INDUSTRIAL ENGINEERING SOLUTIONS FOR OIL REFINERY OPTIMIZATION IN IRAQ	Assoc. Prof. Dr. Karim Al-Hafidh Assis. Prof. Dr. Salma Abbas Mahdi Taha
		6	ECONOMIC ANALYSIS OF PUBLIC TRANSPORTATION NETWORKS USING SIMULATION METHODS IN IRAQ	Dr. Haider Ali Ali Kareem
		7	INTEGRATED ECONOMIC ENGINEERING APPROACHES FOR SUSTAINABLE TOURISM DEVELOPMENT IN GREECE	Prof. Dr. Ioannis Papadopoulos Dr. Eleni Karamitsou Spiros Christou Dimitrios Voulgaris
		8	DECISION ANALYSIS AND FINANCIAL MODELING IN INFRASTRUCTURE INVESTMENT PROJECTS IN GREECE	Assoc. Prof. Dr. Anna Petraki
		1		

AKDENIZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Aralık / Dec 5, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 9	**Assoc. Prof. Dr. Noor Al Harthy**	1	THE FOUNDATIONS OF ARMENIAN LOGIC: HISTORICAL ROOTS AND MODERN APPLICATIONS	Prof. Dr. Aram Petrosyan
		2	EXPLORING ETHICAL DIMENSIONS IN CONTEMPORARY ARMENIAN POLITICAL PHILOSOPHY	Dr. Lilit Grigoryan Assoc. Prof. Dr. Tigran Hakobyan
		3	DEBATES ON MINDFULNESS AND CONSCIOUSNESS: INDIAN PHILOSOPHICAL PERSPECTIVES	Prof. Dr. Ravi Kumar Dr. Sneha Narayan
		4	INTERPRETING ADVAITA VEDANTA IN THE CONTEXT OF MODERN SCIENCE	Dr. Priya Nair Assoc. Prof. Dr. Anil Joshi
		5	RETHINKING MORAL REALISM THROUGH INDIAN BUDDHIST PHILOSOPHY	Dr. Subhasis Bandyopadhyay Satyam Verma Prof. Dr. Ahmed Al Balushi
		6	SOCIAL JUSTICE AND ETHICAL FRAMEWORKS IN CONTEMPORARY OMANI THOUGHT	Assoc. Prof. Dr. Noor Al Harthy
		7	PERSPECTIVES ON ISLAMIC PHILOSOPHY: REASON, FAITH, AND MODERNITY	Dr. Waleed Al Shamsi Prof. Dr. Layla Al Mamari
		8	CONSTRUCTING IDENTITY: PHILOSOPHY, RELIGION, AND EDUCATION IN OMAN	Dr. Amal Al Hinai Assoc. Prof. Dr. Hassan Al Farsi
		9	THE ROLE OF CONFUCIAN ETHICS IN EDUCATIONAL DEVELOPMENT IN MODERN TAIWAN	Prof. Dr. Chen Wei-Ting Dr. Mei-Ju Chou

AKDENIZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
5 Aralık / Dec 5, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 10	**Assis. Prof. Dr. Dauren Tulepov**	1	SOCIAL INTEGRATION OF INTERNAL MIGRANTS IN URBAN KAZAKHSTAN: CHALLENGES AND POLICY RESPONSES	Prof. Dr. Nurzhan Akhmetov Dr. Aigerim Sadykova Assis. Prof. Dr. Dauren Tulepov
		2	GENDER ROLES AND FAMILY TRANSFORMATION AMONG YOUNG ADULTS IN KAZAKHSTAN	Assoc. Prof. Dr. Aliya Zhaparova Dr. Yerbolat Kassenov
		3	YOUTH ASPIRATIONS AND EDUCATIONAL MOBILITY IN ERITREA: SOCIOLOGICAL INSIGHTS	Dr. Selam Habtemariam Samuel Berhane
		4	THE IMPACT OF TRADITIONAL STRUCTURES ON COMMUNITY DEVELOPMENT IN CONTEMPORARY ERITREA	Prof. Dr. Amanuel Tesfay Kibrom Menghisteab
		5	SOCIAL CAPITAL AND HEALTH OUTCOMES AMONG OLDER ADULTS IN CAIRO NEIGHBORHOODS	Dr. Noura Fathy Prof. Dr. Hatem Abdelrahman
		6	CHANGING MARRIAGE PRACTICES AND THEIR IMPACT ON FAMILY DYNAMICS IN EGYPT	Assoc. Prof. Dr. Ahmed Sorour Dr. Mona Gaber
		7	NATIONAL IDENTITY CONSTRUCTION AMONG YOUTH IN POST-SOVIET AZERBAIJAN	Prof. Dr. Elchin Gasimov Dr. Zaur Mammadli
		8	MEDIA CONSUMPTION AND VALUES SHIFT IN URBAN AZERBAIJANI SOCIETY	Assoc. Prof. Dr. Leyla Guliyeva Aysel Jafarova
		9	AGING AND SOCIAL EXCLUSION: EXPERIENCES OF ELDERLY GREEKS IN ATHENS	Dr. Theodoros Papadopoulos Dr. Maria Giannakopoulou

AKDENIZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
7 Aralık / Dec 7, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	**Doç. Dr. Yakup ASLAN**	1	BLOCKCHAIN TECHNOLOGY AND ACCOUNTING AUDIT	Doç. Dr. Yakup ASLAN
		2	IFRS S2: CLIMATE FINANCIAL REPORTING	Doç. Dr. Yakup ASLAN
		3	AN ANALYSIS OF THE STRUCTURAL RELATIONSHIPS BETWEEN TELEMEDICINE KNOWLEDGE, PERCEIVED USEFULNESS, AND ATTITUDES TOWARD TELEMEDICINE PRACTICES IN SECONDARY HEALTH CARE INSTITUTIONS	Doç. Dr. Fuat YALMAN Prof. Dr., Yalçın KARAGÖZ
		4	THE IMPACT OF PERCEIVED HEALTH SERVICE QUALITY ON PATIENT SATISFACTION: A STUDY ON OUTPATIENT CLINIC PATIENTS	Prof. Dr., Yalçın KARAGÖZ Doç. Dr. Fuat YALMAN
		5	START-UP'LARIN BÜYÜMESİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER: TÜRKİYE GİRİŞİMCİLİK EKOSİSTEMİ VE BİGG PROGRAMI ÜZERİNE KURAMSAL BİR BAKIŞ	Ceyda SAMANCI Doç. Dr. Ali KAHRAMANOĞLU
		6	KIRSAL MEKANDA YENİLİKLERİ BENİMSEME DİNAMİKLERİ	Tahmineh Aghahadi Doç. Dr. Ali Kahramanoğlu
		7	DİJİTAL ÇAĞIN YENİ TÜKETİM PRATİKLERİ: DİJİTAL GÜRÜLTÜ VE SESSİZLİK ARAYIŞLARI	Dr. Öğr. Üyesi, Canan ARMAĞAN
		8	SORUMLU TÜKETIM TÜRLERININ TÜKETICI DAVRANIŞLARINA ETKISI ÜZERINE BIR DEĞERLENDIRME	Dr. Öğr. Üyesi Kudret ARMAĞAN

AKDENIZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
7 Aralık / Dec 7, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	**Assist. Prof. Dr., Çiğdem YERLİ**	1	SUSTAINABILITY COMPLIANCE IN THE TURKISH CEMENT INDUSTRY	Assist. Prof. Dr., Çiğdem YERLİ
		2	CARBON PRICING	Assist. Prof. Dr., Çiğdem YERLİ
		3	2020 SONRASI EKONOMİ POLİTİKALARI NEDEN OLAĞANÜSTÜ BİR DÖNEME GİRDİ	Barış ERÇİN Prof. Dr. Cüneyt Yenal KESBİÇ
		4	KARBON VERGİSİ Mİ DAHA ETKİN KARBON TİCARETİ Mİ? KÜRESEL İKLİM POLİTİKALARI ÇERÇEVESİNDE ETKİNLİK ANALİZİ	Bahar MATUR Prof. Dr. Cüneyt Yenal KESBİÇ
		5	THE ROLE OF FOREIGN DIRECT INVESTMENT WITHIN THE FRAMEWORK OF THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS	Sezin Dargınoğlu Prof. Dr. Cüneyt Yenal Kesbiç
		6	TÜRKİYE'NİN SÜRDÜRÜLEBİLİR BÜYÜME – CARİ DENGE MODELİ	Levent IŞIK Prof. Dr. Cüneyt Yenal KESBİC

AKDENİZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 5 - 7, 2025
GİRNE
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

7 Aralık / Dec 7, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)

Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	Prof. Dr. Aynur AYTEKİN ÖZDEMİR	1	ADOLESCENTS' ACCESS AND USE OF SEXUAL AND REPRODUCTIVE HEALTH SERVICES IN ALBANIA	Zamira Cabiri Brunilda Mehilli
		2	ÜRİNER KONTİNANSI OLMAYAN ÇOCUKLARDA İDRAR ÖRNEĞİ TOPLAMA	Uzm.Hemş. Aylin ERTUĞRUL Prof. Dr. Aynur AYTEKİN ÖZDEMİR
		3	PEDİATRİK İNTRAMÜSKÜLER ENJEKSİYONDA AĞRI YÖNETİMİ İÇİN YENİ BİR TEKNİK: HELFER SKİN TAP	Uzm. Hemş. Kübra BEYAZ Prof. Dr. Aynur AYTEKİN ÖZDEMİR
		4	İKİ FARKLI KALÇA ABDÜKTOR VE ADDÜKTÖR HAREKETİNİN KAS KUVVETİ VE KAS VİSKOELASTİK ÖZELLİKLERİNE AİT AKUT ETKİSİNİN KARŞILAŞTIRILMASI	Yüksek Lisans Öğrencisi, Zeki Çetin, Doç. Dr, İlker Kirisci, Dr. Öğr. Üyesi, Murat Tutar, Arş. Gör, Tuğçe Yeşilçimen, Arş. Gör, Nurettin Ersin Uzun,
		5	NURSING STUDENTS' KNOWLEDGE AND AWARENESS OF SHAKEN BABY SYNDROME: A DESCRIPTIVE AND CROSS-SECTIONAL STUDY	Tuğba ÖZTÜRK Dr. Öğr. Üyesi Gamzegül ALTAY
		6	BİLATERAL LATERAL DİŞ EKSİKLİĞİNİN SİLİKON ANAHTAR DESTEKLİ DİREKT KOMPOZİT RESTORASYON İLE TEK SEANSTA REHABİLİTASYONU: VAKA SUNUMU	Uzman, Safiye Pelin TÜRKYILMAZ
		7	DOĞUM AĞRISI VE DOĞUMUN BİRİNCİ EVRESİNDE KANITA DAYALI UYGULAMALAR	Öğr. Gör. Serpil TOKER Dr. Öğr. Üyesi Gizem ÇITAK Prof. Dr. Özgür ALPARSLAN
		8	NORMAL DOĞUM EYLEMİNİN İKİNCİ VE ÜCÜNCÜ EVRESİNDE KANITA DAYALI UYGULAMALAR	Öğr. Gör. Serpil TOKER Dr. Öğr. Üyesi Gizem ÇITAK Prof. Dr. Özgür ALPARSLAN

AKDENIZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
December 5 - 7, 2025
GİRNE
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

7 Aralık / Dec 7, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)

Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	**Doç.Dr. Ayşen ACUN KÖKSALANLAR**	1	ERKEN DÖNEM OSMANLISI'NDA İKİ ŞEHRİN HİKAYESİ: İZNİK YENİŞEHİR TUR ROTASI ÖNERİSİ	Doç.Dr. Ayşen ACUN KÖKSALANLAR
		2	THE LIFE, ARTISTRY, AND MUSICAL ANALYSIS OF THE WORKS OF SIVAS-BORN COMPOSER ÖMER ALTUĞ	Arş. Gör. Bora KANAR Dr. Öğr. Üyesi Ömer Zeki URHAN Doç. Dr. Ahmet Hakan BAŞ Doç. Dr. Tolga KARACA
		3	FLORAL ARRANGEMENTS IN ANAT SHIFTAN'S CERAMICS	Assoc. Prof. Sanver ÖZGÜVEN
		4	ROBOTIC APPLICATIONS IN CERAMIC ART	Assoc. Prof. Sanver ÖZGÜVEN
		5	MEHMET AVNİ, WİTH HİS CONTRİBUTİONS TO THE TRT THM BROKEN AİR REPERTOİRE	Öğr. Gör. Aykut Alp TETİK Prof. Dr. Ünal İMİK
		6	MEHMET ERENLER: HIS LIFE AND ARTISTIC PERSONALITY	Öğr. Gör. Aykut Alp TETİK Prof. Dr. Ünal İMİK
		7	KEMAN EĞİTİMİNDE ÖMER CAN METOTLARININ PEDAGOJİK İŞLEVİNE İLİŞKİN ÖĞRETİM ELEMANI GÖRÜŞLERİ	Yüksek Lisans Öğrencisi, Melis BARAN Prof. Dr., Begüm ÖZ
		8	LİSANS DÜZEYİNDE ÖMER CAN KEMAN EĞİTİMİ METOTLARININ KULLANIMI: ÖĞRENCİ GÖRÜŞLERİ	Yüksek Lisans Öğrencisi, Melis BARAN Prof. Dr., Begüm ÖZ

AKDENIZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
7 Aralık / Dec 7, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	**Dr. Öğr. Üyesi Dilan Malgaz Güçlü**	1	DUYGUSAL YÜZ İFADELERİNİ İŞLEMEDE BAKIŞ YÖNÜNÜN ETKİSİNE DAİR KURAMSAL BİR İNCELEME	Dr. Elif Yüvrük
		2	BELİRSİZLİĞE TAHAMMÜLSÜZLÜK İLE DUYGUSAL BELİRTİLER ARASINDAKİ İLİŞKİDE DÜŞÜNME STİLLERİNİN ARACILIĞI	Dr. Elif Yüvrük
		3	KİŞİLİK ÖZELLİKLERİ PERSPEKTİFİNDEN PSİKOLOJİK ŞİDDET DAVRANIŞI: SON 20 YILIN NİCEL ARAŞTIRMA EĞİLİMLERİ ÜZERİNE BİR İNCELEME	Dr. Öğr. Üyesi Dilan Malgaz Güçlü
		4	ALGILANAN EBEVEYN TUTUMLARININ BAĞLANMA STİLLERİNİN ÜZERİNDEKİ ETKİSİNDE TOPLUMSAL CİNSİYET ROLLERİNİN ARACI ETKİLERİ	Klinik Psikoloji Tez Öğrencisi, Sena Handan DURUKAN Doç. Dr., Burcu Rahşan ERİM
		5	GENEL ÖZ-YETERLİK İLE BAKIM YÜKÜ ARASINDAKİ İLİŞKİDE BAKIM VERMENİN OLUMLU YÖNLERİNİN ARACI ROLÜ	Psikolog, İrem ÖKTENGİL Dr. Öğretim Üyesi, Seda SAPMAZ YURTSEVER
		6	TOPLUMSALIN GÖRSEL TEMSİLLERİ	Dr. Ezgi KARMAZ
		7	AKADEMİK ÜRETİMDE YAPAY ZEKÂ KULLANIMININ SOSYAL BİLİMLERDEKİ YANSIMALARI	YL Öğrencisi, Melike Hatun SARIASLAN Dr. Ezgi KARMAZ

AKDENİZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 5 - 7, 2025
GİRNE
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

7 Aralık / Dec 7, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)

Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	**Assoc. Prof. Dr. Oksal MACAR**	1	GENOTOXICITY ASSESSMENT OF GLYPHOSATE PESTICIDE WITH COMET ASSAY	Ali ACAR Tuğçe KALEFETOĞLU MACAR Oksal MACAR
		2	GENOTOXICITY ASSESSMENT OF DICAMBA PESTICIDE WITH COMET ASSAY	Ali ACAR Oksal MACAR Tuğçe KALEFETOĞLU MACAR
		3	DOSE-DEPENDENT EFFECTS OF NATAMYCIN ON MERISTEMATIC CELL INTEGRITY IN ALLIUM CEPA	Assoc. Prof. Dr. Tuğçe KALEFETOĞLU MACAR Assoc. Prof. Dr. Oksal MACAR Assoc. Prof. Dr. Ali ACAR
		4	INVESTIGATION OF THE BIOCHEMICAL TOXICITY INDUCED BY TRICHLORFON INSECTICIDE IN ALLIUM CEPA	Assoc. Prof. Dr. Tuğçe KALEFETOĞLU MACAR Assoc. Prof. Dr. Oksal MACAR Assoc. Prof. Dr. Ali ACAR
		5	A STUDY ON THE PHYSIOLOGICAL TOXICITY OF CHOCOLATE BROWN HT (E155) IN ALLIUM CEPA	Assoc. Prof. Dr. Oksal MACAR Assoc. Prof. Dr. Tuğçe KALEFETOĞLU MACAR Assoc. Prof. Dr. Ali ACAR
		6	INVESTIGATION OF BARIUM-INDUCED MERISTEMATIC CELL DAMAGE IN ALLIUM CEPA	Assoc. Prof. Dr. Oksal MACAR Assoc. Prof. Dr. Tuğçe KALEFETOĞLU MACAR Assoc. Prof. Dr. Ali ACAR

AKDENİZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 5 - 7, 2025
GİRNE
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

7 Aralık / Dec 7, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)

Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	**Assis. Prof. Dr. Jelena Milenkovic**	1	ASSESSING THE IMPACT OF TELEMEDICINE ON RURAL HEALTHCARE ACCESS IN GERMANY	Prof. Dr. Stefan Becker
		2	INVESTIGATING THE RELATIONSHIP BETWEEN AIR POLLUTION AND RESPIRATORY DISEASE PREVALENCE IN BERLIN	Prof. Dr. Stefan Becker Dr. Thomas Schneider Assis. Prof. Dr. Katharina Lehmann
		3	PREVALENCE AND SOCIOECONOMIC FACTORS IN MALARIA CONTROL EFFORTS AMONG ERITREAN SCHOOLCHILDREN	Dr. Selam Tesfay Mebrahtu Berhane
		4	MATERNAL AND NEONATAL HEALTH OUTCOMES AFTER COMMUNITY-BASED INTERVENTIONS IN ASMARA	Assoc. Prof. Dr. Abeba Tsehaye Dr. Semhar Fissehatsion
		5	CARDIOVASCULAR DISEASE PREVENTION STRATEGIES IN SERBIAN PRIMARY CARE: AN EPIDEMIOLOGICAL STUDY	Prof. Dr. Nikola Jovanovic Dr. Milena Petrovic Assis. Prof. Dr. Stefan Cvetkovic Dr. Danijela Markovic
		6	EVALUATING MENTAL HEALTH SERVICES CAPACITY AND ACCESSIBILITY IN SOUTHERN SERBIA	Assis. Prof. Dr. Jelena Milenkovic
		7	VACCINATION COVERAGE AND INFECTION RATES AMONG CHILDREN IN CAIRO SCHOOLS	Dr. Amal El-Gohary Prof. Dr. Mahmoud Hassan Assis. Prof. Dr. Salma Bakr
		8	BARRIERS TO WOMEN'S CANCER SCREENING PARTICIPATION IN EGYPT: A MULTICENTER STUDY	Assoc. Prof. Dr. Maha Fathy Dr. Nour El-Din Hassan
		9	HEALTH PROMOTION STRATEGIES FOR DIABETES PREVENTION AMONG EGYPTIAN ADOLESCENTS	Yasmine Elbia Dr. Mohamed Khalil Assis. Prof. Dr. Salma Bakr

AKDENİZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
7 Aralık / Dec 7, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	**Assoc. Prof. Dr. Mahsa Rahmani**	1	MOLECULAR CHARACTERIZATION AND ANTIBIOTIC RESISTANCE PATTERNS IN ESCHERICHIA COLI ISOLATED FROM DAIRY HERDS	Fariba Shafiei Prof. Dr. Amir Hosseini
		2	PREVALENCE OF TOXOPLASMOSIS IN SMALL RUMINANTS: EPIDEMIOLOGICAL STUDY IN KHORASAN REGION	Assoc. Prof. Dr. Mahsa Rahmani
		3	VETERINARY SURGICAL MANAGEMENT OF BONE FRACTURES IN WORKING DOGS: A CLINICAL STUDY	Dr. Marko Milosevic Prof. Dr. Jelena Stojanovic
		4	ZOONOTIC TRANSMISSION OF BRUCELLOSIS FROM LIVESTOCK TO HUMAN POPULATIONS IN NORTHERN SERBIA	Assis. Prof. Dr. Nikola Ilic Dr. Ana Petrovic
		5	EPIDEMIOLOGICAL ASSESSMENT OF CANINE PARVOVIRUS OUTBREAKS IN SOUTHWESTERN NIGERIA	Dr. Chinedu Okafor Amina Musa
		6	ASSESSMENT OF TICK-BORNE HEMOPARASITES IN DAIRY CATTLE AND THEIR IMPACT ON MILK PRODUCTIVITY	Dr. Fatima Lawal
		7	MOLECULAR TYPING AND ANTIBIOGRAM PROFILES OF METHICILLIN-RESISTANT STAPHYLOCOCCUS AUREUS IN POULTRY FARMS	Dr. Patrick O. Nwosu Dr. Chuka Eze Dr. Musa Ibrahim
		8	CLINICAL AND PATHOLOGICAL FINDINGS IN FELINE LOWER URINARY TRACT DISEASE: A HOSPITAL-BASED INVESTIGATION	Dr. Ifeoma Udoh
		9		

AKDENİZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 5 - 7, 2025
GİRNE
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

7 Aralık / Dec 7, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)

Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	**Dr. Giorgi Lomsadze**	1	ADVANCES IN THE SYNTHESIS OF FUNCTIONALIZED ORGANIC MOLECULES FOR PHARMACEUTICAL APPLICATIONS	Prof. Dr. Elchin Sultanov Assoc. Prof. Dr. Rzayev Ramil Afaq Rzayeva
		2	CATALYTIC PERFORMANCE IN INDUSTRIAL PROCESSES	Dr. Sevinj Aliyeva Sabina Jafarova Assoc. Prof. Imanov Elmar
		3	DEVELOPMENT AND APPLICATION OF METAL-ORGANIC FRAMEWORKS IN ENVIRONMENTAL REMEDIATION	Prof. Dr. Adriana Popescu Dr. Bogdan Iliescu
		4	KINETIC AND THERMODYNAMIC STUDY OF COPPER-CATALYZED ORGANIC TRANSFORMATION REACTIONS	Assoc. Prof. Dr. Dragos Marinescu Cristina Ghenea Dr. Nana Ezugbaia
		5	NOVEL APPROACHES TO BIOPOLYMER SYNTHESIS FOR MEDICAL DEVICE ENGINEERING	Dr. Giorgi Lomsadze
		6	ELECTROCHEMICAL METHODS FOR DETECTION OF HEAVY METAL IONS IN DRINKING WATER	Assoc. Prof. Dr. Tinatin Mchedlishvili Mariam Kapanadze
		7	CATALYTIC CONVERSION OF BIOMASS-DERIVED SUBSTRATES TO BIOFUELS USING TRANSITION METAL COMPLEXES	Dr. Alemu Getachew Solomon Tadesse

AKDENİZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
7 Aralık / Dec 7, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	**Prof. Dr. Vladimir Orlov**	1	DEVELOPMENT OF ADVANCED METAL MATRIX COMPOSITES FOR HIGH-TEMPERATURE APPLICATIONS	Prof. Dr. Nasim Kholov Dr. Shirin Sharipova
		2	INVESTIGATION OF NANOSTRUCTURED CERAMICS FOR PHOTOCATALYTIC WATER PURIFICATION	Dr. Mehrangez Davlatova Assoc. Prof. Dr. Rustam Kurbonov
		3	MULTISCALE MODELING OF MECHANICAL BEHAVIOR IN NANOCRYSTALLINE TITANIUM ALLOYS	Prof. Dr. Aarav Patel Dr. Kavita Sharma Assis. Prof. Dr. Rajesh Mehta
		4	EFFECT OF ULTRASONIC CONSOLIDATION ON THE JOINING OF DISSIMILAR METAL SHEETS	Assoc. Prof. Dr. Pranav Reddy Dr. Sunita Iyengar Dr. Maria Sokolova
		5	SYNTHESIS AND ELECTRICAL CHARACTERIZATION OF GRAPHENE-BASED FLEXIBLE ELECTRONICS	Prof. Dr. Vladimir Orlov
		6	ADVANCED COATING STRATEGIES FOR CORROSION RESISTANCE IN POWER PLANT STEELS	Assis. Prof. Dr. Ekaterina Miroshnichenko Dr. Alexey Kuznetsov Assoc. Prof. Dr. Igor Kolosov
		7	BIOCOMPATIBLE POLYMER NANOCOMPOSITES FOR TISSUE ENGINEERING APPLICATIONS	Prof. Dr. Shirin Hosseini Assoc. Prof. Dr. Farzad Abedini Dr. Mehdi Javadi
		8	INVESTIGATION OF FUNCTIONALIZED SILICA NANOPARTICLES FOR DRUG DELIVERY SYSTEMS	Dr. Leyla Kamali Assis. Prof. Dr. Sahar Farhadi Assoc. Prof. Dr. Milad Ghasemi
		9		

AKDENİZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
7 Aralık / Dec 7, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	**Prof. Dr. Noura Bouzid**	1	ENHANCED PROTEIN EXTRACTION FROM KAZAKHSTAN LEGUMES USING NOVEL ENZYMATIC METHODS	Prof. Dr. Ayanbek Akhmetov Dr. Nuraiya Tuleuova Kuralay Zhaksybek
		2	DEVELOPMENT AND CHARACTERIZATION OF SMART BIODEGRADABLE FOOD PACKAGING FILMS BASED ON KAZAKHSTANI STARCH SOURCES	Dr. Dauren Sarsembayev Assis. Prof. Dr. Zhanar Azhimetova
		3	INTEGRATED MICROALGAE CULTIVATION SYSTEMS FOR NUTRIENT-RICH FOOD PRODUCTION IN BANGLADESH	Assoc. Prof. Dr. Imran Hossain Dr. Nusrat Jahan Dr. Tanvir Rahman
		4	POST-HARVEST TECHNOLOGIES FOR REDUCING FRUIT AND VEGETABLE LOSS IN BANGLADESHI MARKETS	Dr. Rehana Parvin Assoc. Prof. Dr. Mahbub Alam Dr. Shamsul Haque
		5	APPLICATION OF 3D PRINTING IN DESIGNING FUNCTIONAL FOODS WITH TAILORED TEXTURE IN SINGAPORE	Prof. Dr. Wei Chun Ng Dr. Fiona Low Assoc. Prof. Dr. Marcus Tan
		6	DATA-DRIVEN OPTIMIZATION IN INDUSTRIAL FERMENTATION FOR SUSTAINABLE FOOD INGREDIENTS	Dr. Adeline Lee Assis. Prof. Dr. Samuel Chua Assoc. Prof. Dr. Joseph Goh
		7	DEVELOPMENT OF NATURAL ANTIOXIDANT SYSTEMS TO PRESERVE QUALITY IN ALGERIAN OLIVE OIL	Prof. Dr. Noura Bouzid Assis. Prof. Dr. Hakim Benali
		8	MODEL-BASED DESIGN OF NOVEL EMULSION SYSTEMS FOR DAIRY ALTERNATIVES IN ALGERIAN FOOD INDUSTRY	Dr. Yacine Khellaf Assoc. Prof. Dr. Houria Touati Dr. Samir Fekhara
		9		

AKDENİZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
7 Aralık / Dec 7, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	**Prof. Dr. Timur Zharkenov**	1	APPLICATION OF FLEXIBLE ELECTRONICS FOR WEARABLE HEALTH MONITORING SYSTEMS	Nurlan Sarsembayev Dr. Akmaral Yessimova
		2	DESIGN AND PERFORMANCE ANALYSIS OF ENERGY-EFFICIENT INTERNET OF THINGS (IOT) SENSOR NODES FOR SMART AGRICULTURE	Prof. Dr. Timur Zharkenov
		3	DEVELOPMENT OF LOW-POWER VLSI ARCHITECTURES FOR AI-ENABLED EDGE COMPUTING DEVICES	Dr. Saifur Rahman Assoc. Prof. Dr. Farhana Parvin Md. Moniruzzaman
		4	INTELLIGENT SMART GRID CONTROL USING DEEP LEARNING ALGORITHMS FOR POWER DISTRIBUTION OPTIMIZATION	Prof. Dr. Nasima Akter Assis. Prof. Dr. Tarik Hasan
		5	RECONFIGURABLE ANTENNA DESIGN FOR MILLIMETER WAVE 5G COMMUNICATION APPLICATIONS	Assoc. Prof. Dr. Alvin Lim Kai Yee Tan Rachel Liew
		6	SILICON PHOTONICS INTEGRATED CIRCUITS FOR ULTRA-FAST OPTICAL TELECOM NETWORKS	Dr. Wei Ming Tan Prof. Dr. Siang Hwa Tan
		7	DEVELOPMENT OF GRAPHENE-BASED NANOELECTRONIC DEVICES FOR NEXT-GENERATION SENSORS	Dr. Rania Bouzid Prof. Dr. Mourad Benamara Assoc. Prof. Dr. Samir Bensaid Farida Lazreg Dr. Ahmed Yacine

AKDENİZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
7 Aralık / Dec 7, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	**Assis. Prof. Dr. Lilit Grigoryan**	1	INNOVATIVE STRATEGIES IN THE SEISMIC DESIGN OF URBAN INFRASTRUCTURE IN YEREVAN	Prof. Dr. Arman Hakobyan Assis. Prof. Dr. Lilit Grigoryan
		2	DEVELOPMENT OF ECO-FRIENDLY CONCRETE COMPOSITES WITH LOCALLY SOURCED MATERIALS	Prof. Dr. Arman Hakobyan Dr. Ani Babayan Prof. Dr. Gevorg Arakelyan Assis. Prof. Dr. Sargis Hunanyan
		3	INTELLIGENT FLOOD MANAGEMENT SYSTEMS FOR URBAN CENTERS IN LAHORE	Prof. Dr. Ahmad Ali Assis. Prof. Dr. Maryam Raza Muhammad Ayub
		4	ADVANCED OPTIMIZATION OF WIND ENERGY INFRASTRUCTURE IN COASTAL PAKISTAN	Dr. Samina Hassan Prof. Dr. Tariq Mahmood Assis. Prof. Dr. Waleed Akhtar
		5	APPLICATION OF NANOMATERIALS IN WATER PURIFICATION SYSTEMS FOR KARACHI	Dr. Hina Qureshi Prof. Dr. Faisal Ahmed Assis. Prof. Dr. Usman Khan
		6	SUSTAINABLE DESIGN OF EMBANKMENT DAMS UNDER ARID CLIMATE CONDITIONS	Dr. Salim Al-Harthy Prof. Dr. Fahad Al-Shidhani
		7	PERFORMANCE EVALUATION OF SMART TRAFFIC MANAGEMENT TECHNOLOGIES IN MUSCAT	Assis. Prof. Dr. Aisha Al-Balushi Dr. Sami Alkindi
		8	DEVELOPING SOLAR-POWERED MICROGRID SOLUTIONS FOR REMOTE COMMUNITIES IN OMAN	Prof. Dr. Hamood Al-Rawahi Dr. Nasser Al-Saadi
		9	MODELING OF EARTHQUAKE-RESISTANT HOUSING FOR TROPICAL CLIMATE ZONES IN JAKARTA	Prof. Dr. Budi Santosa Assis. Prof. Dr. Sinta Wijaya Dr. Arief Prabowo Prof. Dr. Iwan Kurniawan

AKDENİZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
7 Aralık / Dec 7, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	**Dr. Suresh Chandrasekhar**	1	APPLICATION OF AUTOMORPHISM GROUPS IN GRAPH THEORY AND THEIR IMPLICATIONS FOR NETWORK STRUCTURES	Assis. Prof. Dr. Aram Karapetyan
		2	RECENT ADVANCES IN PARTIAL DIFFERENTIAL EQUATIONS: ANALYSIS AND COMPUTATION	Dr. Narine Melikyan
		3	ASYMPTOTIC ANALYSIS OF NONLINEAR DYNAMICAL SYSTEMS IN PHYSICAL MODELLING	Dr. Lilit Harutyunyan Prof. Dr. Vahan Manukyan
		4	RECENT METHODS IN ALGEBRAIC NUMBER THEORY: APPLICATIONS TO CRYPTOGRAPHY	Prof. Dr. Priya Deshpande Dr. Nikhil Raman Prof. Dr. Anjali R. Mehta
		5	ADVANCES IN MACHINE LEARNING APPROACHES FOR MATHEMATICAL OPTIMIZATION	Dr. Suresh Chandrasekhar
		6	MODELING SPATIOTEMPORAL PHENOMENA WITH PARTIAL DIFFERENTIAL EQUATIONS IN ENVIRONMENTAL SCIENCES	Prof. Dr. Avinash Kumar Dr. Sneha Patil Assis. Prof. Dr. Kartik Sharma Dr. Deepak Joshi
		7	STABILITY AND SPECTRAL ANALYSIS OF NONLINEAR OPERATORS IN FUNCTION SPACES	Dr. Aisha Al-Harthy Assis. Prof. Dr. Ahmed Salim
		8	FUZZY LOGIC SYSTEMS AND THEIR APPLICATION IN UNCERTAIN REAL-WORLD DATA MODELLING	Assoc. Prof. Dr. Waleed Al-Lamki Dr. Sara Al-Rawahi
		9		

AKDENİZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 5 - 7, 2025
GİRNE
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

7 Aralık / Dec 7, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)

Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	**Assoc. Prof. Dr., Melek ÖZPİÇAK**	1	SPATIAL VARIATIONS IN OTOLITH MASS ASYMMETRY OF TRACHURUS MEDITERRANEUS (STEINDACHNER, 1868) SAMPLED FROM TÜRKIYE SEAS	Assoc. Prof. Dr., Melek ÖZPİÇAK Assoc. Prof. Dr., Semra SAYGIN Prof. Dr., Savaş YILMAZ
		2	EVALUATION OF LENGTH-LENGTH AND LENGTH-WEIGHT RELATIONSHIPS OF GARFISH, BELONE BELONE (LINNAEUS, 1761) SAMPLED FROM TÜRKIYE SEAS	Assoc. Prof. Dr., Melek ÖZPİÇAK Assoc. Prof. Dr., Semra SAYGIN Prof. Dr., Savaş YILMAZ
		3	INVESTIGATION OF THE EFFECT OF QUINACRINE AGAINST LIPOPOLYSACCHARIDE-INDUCED SPLEEN DAMAGE IN RATS	Assoc. Prof. Dr., Sefa KÜÇÜKLER Assist. Prof. Dr., Serpil AYGÖRMEZ
		4	EFFECTS OF SELENIUM AND VITAMIN E UPPLEMENTATION ON METABOLIC AND OXIDANT PARAMETERS IN COWS DURING THE PREPARTUM PERIOD	Assist. Prof. Dr. Serpil AYGÖRMEZ Prof. Dr. Mushap KURU
		5	MOLECULAR EVIDENCE AND EVOLUTIONARY OUTCOMES OF POLYANDRY IN INSECTS	Assoc. Prof. Dr. Fikret SARI
		6	THERAPEUTIC EFFECTS OF MUSIC IN ANIMALS	Prof. Dr. ALİ BİLGİLİ Prof. Dr. BAŞAK HANEDAN
		7	POTENTIAL USE OF POLYAMINES IN FRUIT CULTIVATION	Research Assist. Merve KARAKOYUN MUTLUAY Prof. Dr. Muzaffer İPEK

AKDENIZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
December 5 - 7, 2025
GİRNE
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

7 Aralık / Dec 7, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)

Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	**Doç. Dr., Makbule ŞİRİNER**	1	YETİŞKİN BİREYLERDE SOSYAL MEDYA KULLANIM BİÇİMLERİ VE DEMOGRAFİK DEĞİŞKENLERLE İLİŞKİSİ	Sosyal Çalışmacı, Melek AKÇİN Prof. Dr., Ali Fuat ERSOY
		2	TÜRKİYE'DE GERONTOLOJİ ALANINDA YAZILAN LİSANSÜSTÜ TEZLER ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA	Sosyal Çalışmacı, Melek AKÇİN
		3	EXAMINING THE RELATIONSHIP BETWEEN LONELINESS AND SOCIAL MEDIA ADDICTION IN ELDERLY PEOPLE	Beyza GÖK Prof. Hande ŞAHİN Özge Nur GONCA
		4	SOCIAL WORK POLICIES FOR PERSONS WITH DISABILITIES IN DISASTER MANAGEMENT: A COMPARATIVE EVALUATION OF TURKEY AND JAPAN	Doç. Dr. Sami KALAYCI Hamza DEMİR
		5	DISASTER MANAGEMENT IN JAPAN: REFLECTIONS OF THE KYO-JO MODEL, DIGITALIZATION, AND DEMOGRAPHIC CHANGE IN LOCAL GOVERNMENTS	Doç. Dr. Sami KALAYCI Hamza DEMİR
		6	BARINMA HAKKI BAĞLAMINDA DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE SOSYAL KONUT	Doç. Dr., Makbule ŞİRİNER
		7	ENERJİ GÜVENLİĞİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK	Doç. Dr., Makbule ŞİRİNER

AKDENİZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 5 - 7, 2025
GİRNE
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

7 Aralık / Dec 7, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)

Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	**Doç. Dr. Erdal ÖZBAY**	1	A CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR ENHANCING IOT SECURITY AND EFFICIENCY VIA DEEP LEARNING IN CLOUD AND DISTRIBUTED COMPUTING ENVIRONMENTS	Iman Mustafa Dr. Labaran ISIAKU
		2	DEVELOPMENT OF A DYNAMIC PRICING SYSTEM WITH MULTI-CHANNEL INTEGRATION FOR THE ELECTRONIC SECURITY SECTOR	İsrafil Çetin Ayşenur Çelik Said Bahadır Kaya Ceren Ulus M. Fatih Akay
		3	DEVELOPMENT OF MACHINE LEARNING-BASED CUSTOMER CHURN PREDICTION MODELS FOR PAYMENT AND ELECTRONIC MONEY INSTITUTIONS	Burak TUNCA Nazan Deniz MEYDAN Cansu BARIŞICI Mehmet Bülent MUŞLU Özgür Sütemen Ceren Ulus M. Fatih Akay
		4	DEVELOPMENT OF A LARGE LANGUAGE MODEL-BASED CALL CENTER SOLUTION FOR THE TOURISM SECTOR	Engin Alan Özer Kayhan Gökhan Kaya Sude Sarı Ceren Ulus Nazlı Yusufoğlu M. Fatih Akay
		5	CLASSIFICATION OF EARTHQUAKE ALERT LEVELS USING MACHINE LEARNING AND DEEP LEARNING MODELS	Dr. Öğr. Üyesi Aynur SEVİNÇ Dr. Öğr. Üyesi Yıldırım ÖZÜPAK Dr. Öğr. Üyesi Emrah ASLAN
		6	A MACHINE LEARNING-BASED FRAMEWORK FOR EARTHQUAKE ALERT LEVEL CLASSIFICATION USING SEISMIC AND GEOPHYSICAL FEATURES	Dr. Öğr. Üyesi Aynur SEVİNÇ Dr. Öğr. Üyesi Yıldırım ÖZÜPAK Dr. Öğr. Üyesi Emrah ASLAN
		7	PERSONNEL SELECTION IN PUBLIC INSTITUTIONS USING A HYBRID DECISION SUPPORT MODEL BASED ON AHP AND WASPAS: AN APPLICATION STUDY	Prof. Dr. Servet SOYGÜDER Hatice Ceren ŞAHİN
		8	BİR KAMU KURUMUNDA SWARA YÖNTEMİ İLE PERSONEL SEÇİMİ İÇİN KRİTER AĞIRLIKLANDIRMA VE UYGULAMA ÇALIŞMASI	Prof. Dr. Servet SOYGÜDER Ezgi KARATAŞ
		9	MAKİNE ÖĞRENMESİ MODELLERİNİN HİPERPARAMETRE OPTİMİZASYONU İLE DİYABET RİSK TAHMİNİ	Yüksek Lisans Öğrencisi Senanur PAKSOY Doç. Dr. Feyza ALTUNBEY ÖZBAY Doç. Dr. Erdal ÖZBAY
		10	DERİN ÖĞRENME TABANLI YOL BOZULMASI SINIFLANDIRMASI İÇİN RESNET18 VE MOBİLENETV3-LARGE MODELLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI	Yüksek Lisans Öğrencisi Senanur PAKSOY Doç. Dr. Erdal ÖZBAY

AKDENİZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 5 - 7, 2025
GİRNE
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

7 Aralık / Dec 7, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)

Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	Dr. Öğretim Üyesi, Mehtap METİN KARAASLAN	1	FALSE-POSITIVE RESULTS IN AMPHETAMINE IMMUNOASSAY	Saadi Fatima Zohra
		2	ŞİDDETLİ ERKEK TİPİ KELLİK İÇİN ADLİ FENOTİPLEMEYE DAYALI BİR TAHMİNSEL MODEL	Dr. Melek ŞENIŞIK Doç.Dr. Gönül FİLOĞLU TÜFEK Doç.Dr. Özlem BÜLBÜL ERCAN Doç.Dr. Gökhan ERSOY
		3	NURSING APPROACHES IN SELF-MANAGEMENT OF CHRONIC DISEASES: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS	Uzm. Hem. Sema YABACI Prof. Dr. Hatice TEL AYDIN
		4	SUSTAINABILITY IN SURGICAL WASTE MANAGEMENT: PRACTICES FOR A GREEN OPERATING ROOM	Nursing Master's Student, Aleyna DEMİRKAN Assist. Prof. Dr. Hatice ERDOĞAN
		5	BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF THESES ON THE USE OF WHITE NOISE IN CHILDREN: THE CASE OF THE YÖK NATIONAL THESIS DATABASE	Dr Öğretim Üyesi Mehtap METİN KARAASLAN Bağımsız Araştırmacı Zehra AYAZ
		6	KIDNEY HEALTH KNOWLEDGE LEVEL AND AFFECTING FACTORS IN ADOLESCENTS: A CROSS-SECTIONAL STUDY	Dr. Öğretim Üyesi, Mehtap METİN KARAASLAN
		7	HEMŞİRELERİN TIBBİ ATIK AYRIŞTIRMA POLİTİKALARINDA ÇOĞUL BİLGİ DÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ: BİR ÜNİVERSİTE HASTANESİ ÖRNEĞİ	Prof Dr. Handan ERTAŞ Burak EKİNCİ
		8	LABORATUVAR TEKNİSYENLERİNİN TIBBİ YAPAY ZEKÂ UYGULAMARINA YÖNELİK TUTUMLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	Orkun ÜNAL, Prof. Dr. Handan ERTAŞ,

AKDENİZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 5 - 7, 2025
GİRNE
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

7 Aralık / Dec 7, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)

Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	Assoc. Dr. Şükran UYGUN	1	TRIHARMONIC PARABOLIC EQUATIONS: FINITE TIME BLOW-UP IN VARIABLE EXPONENT SPACES	Dr. Gülistan BUTAKIN
		2	UPPER BOUND FOR BLOW-UP TIME IN NONLINEAR TRIHARMONIC PDES	Dr, Gülistan BUTAKIN
		3	A NEW APPLICATION TO CODING THEORY VIA SPECIAL INTEGER SEQUENCES	Assoc. Dr. Şükran UYGUN
		4	A NEW METHOD FOR CODING THEORY BY THIRD ORDER JACOBSTHAL SEQUENCE	Assoc. Dr. Şükran UYGUN
		5	FIXED POINT PROPERTY FOR NONEXPANSIVE MAPPINGS IN A WEIGHTED CESÀRO–TYPE SEQUENCE SPACE W_1^m	Doç. Dr. Veysel NEZİR
		6	FIXED POINT PROPERTY ON CLOSED–BOUNDED–CONVEX SUBSETS OF THE KÖTHE–TOEPLITZ DUAL SPACE $U_1^{(m)}$	Doç. Dr. Veysel NEZİR
		7	TEMPORAL ANALYSIS OF CHLOROPHYLL-A DYNAMICS IN THE EASTERN MEDITERRANEAN COASTAL ECOSYSTEM USING MODIS TERRA DATA (2002–2022)	Geomatics Engineer Tunahan ERDEM Asst. Prof. Münevver Gizem GÜMÜŞ
		8	CARPAL TUNNEL SYNDROME AND OCCUPATIONAL ANALYSIS IN INDUSTRIAL BUSINESS LINES	Zeynep BAŞAR Prof.Dr.Mithat ZEYDAN

AKDENİZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 5 - 7, 2025
GİRNE
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

7 Aralık / Dec 7, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)

Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	**Dr. Yasuyuki Konishi,**	1	COMPARISON OF PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES AND FATTY ACID COMPOSTION OF ELATERIOSPERMUM TAPOS (BUAH PERAH), PALM OIL AND SOYBEAN OIL	Siti Hamidah, Lee Nian Yian, Azizi Mohd
		2	PHYSICAL PROPERTIES AND STABILITY OF EMULSIONS AS AFFECTED BY NATIVE AND MODIFIED YAM STARCHES	Nor Hayati Ibrahim, Shamini Nair Achudan
		3	OPTIMIZATION OF EXTRACTION OF PHENOLIC COMPOUNDS FROM AVICENNIA MARINA (FORSSK.)VIERH USING RESPONSE SURFACE METHODOLOGY	V.Bharathi, Jamila Patterson, R.Rajendiran
		4	CHEMICAL AND BIOLOGICAL PROPERTIES OF LOCAL COWPEA SEED PROTEIN GROWN IN GIZAN REGION	Assoc. Prof. Abdelatief S. H. El-Jasser
		5	INTERACTION EFFECT OF DGAT1 AND COMPOSITE GENOTYPE OF BETA-KAPPA CASEIN ON ECONOMIC MILK PRODUCTION TRAITS IN CROSSBRED HOLSTEIN	A. Molee, N. Duanghaklang, P. Mernkrathoke
		6	REVEA LING CASEIN MICELLE DISPERSION UNDER VARIOUS RANGES OF NACL: EVOLUTION OF PARTICLES SIZE AND STRUCTURE	Raza Hussain, Claire Gaiani, Joël Scher
		7	PROCESS DEVELOPMENT OF SAFE AND READY-TO-EAT RAW OYSTER MEAT BY IRRADIATION TECHNOLOGY	Pattama Ratana-Arporn, Pongtep Wilaipun

AKDENİZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 5 - 7, 2025
GİRNE
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

7 Aralık / Dec 7, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)

Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	**Assoc. Prof. Dr. Suman Sharma**	1	SHED SNAKE SKINS: A NATURAL RESOURCE FOR BIOMIMETIC MEMBRANES – ADVANCING PERMEATION STUDIES AND DRUG DELIVERY APPLICATIONS	Emma Grigoryan, Ashot Khachatryan, Karapet Flora Avjyan Savchenko,
		2	PRECISION DRUG DELIVERY OF GLIBENCLAMIDE: EXPLORING THE IMPACT OF POLYVINYL PYRROLIDONE AND ETHYL CELLULOSE CONCENTRATION ON RELEASE PROFILES AND KINETICS	Dr. Stepan Arakelova, Assis. Prof. Dr. Lilia Arsenyan
		3	INVESTIGATING THE EFFECTS OF AMINOPOLYETHER ON 18F-FDG PROPERTIES AND ITS IMPLICATIONS FOR PET IMAGING APPLICATIONS	Dr. Sunil Kamboj, Dr. Vipin Saini, Lecture GauravBala,
		4	ENDOPHYTES AS A NEW SOURCE OF BIOACTIVE COMPOUNDS: ISOLATION AND IDENTIFICATION OF FIBRINOLYTIC PROTEASE-PRODUCING FUNGI FROM HIBISCUS LEAVES	Assoc. Prof. Dr. Suman Sharma
		5	FROM CONCEPT TO REALITY: THE DESIGN AND DEVELOPMENT OF A MECHANICAL FORCE GAUGE FOR SQUARE WATERMELON MOLDING	Dr. Bedi Neayti Singh Phd. Candidate Balvinder Thakur,
		6	THE ROLE OF EXERCISE IN IMPROVING SEXUAL PERFORMANCE AND SEMEN QUALITY OF SAHIWAL BULLS: A PRACTICAL GUIDE FOR BREEDERS	Assis. Prof. Dr. Rathapon Dr.Sorrachaitawatwong, Nardauma Pouthai
		7	INVESTIGATING THE IMPACT OF DIETARY HERBAL SEED SUPPLEMENTATION ON CARCASS CHARACTERISTICS, IMMUNE RESPONSE, AND ANTIOXIDANT STATUS OF BROILER CHICKENS	Sirijit Tipchuwong, Chayanid Asasutjarit

AKDENİZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
7 Aralık / Dec 7, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	**Prof. Dr. Ezenwa Chinenye Amanamba**	1	EVALUATION OF URBAN LAND DEVELOPMENT DIRECTION İN KABUL CITY, AFGHANISTAN	Ahmad Sharif Ahmadi Yoshitaka Kajita
		2	INFLUENCE OF PLACE IDENTITY ON WALKABILITY: A COMPARATIVE STUDY BETWEEN TWO MIXED USED STREETS CHAHARBAGH ST. ISFAHAN, IRAN AND DEREBOYU ST. LEFKOSA, NORTH CYPRUS	Assis. Prof. Dr. R. Rafiemanzelat
		3	RENEWED URBAN WATERFRONT: SPATIAL CONDITIONS OF A CONTEMPORARY URBAN SPACE TYPOLOGY	Assis. Prof. Dr. Beate Niemann, Fabian Pramel
		4	URBAN ECOLOGICAL INTERACTION: AIR, WATER, LIGHT AND NEW TRANSIT AT THE HUMAN SCALE OF BARCELONA'S SUPERILLES	Philip Speranza
		5	PERFORMANCE EVALUATION OF A 'PRIORITY-CONTROLLED' INTERSECTION CONVERTED TO SIGNAL-CONTROLLED INTERSECTION	Prof. Dr. Ezenwa Chinenye Amanamba
		6	DISCUSSION ABOUT FREQUENT ADJUSTMENT OF URBAN MASTER PLANNING İN CHINA: A CASE STUDY OF CHANGSHOU DISTRICT, CHONGQING CITY	Sun Ailu Zhao Wanmin
		7	HYBRID LIVING: EMERGING OUT OF THE CRISES AND DIVISIONS	Yiorgos Hadjichristou
		8	CORPORATE GOVERNANCE STRUCTURES AND OVERLAPPING DIRECTORATES IN THE CZECH REPUBLIC	Assis. Prof. Dr. Ondřej Nowak

AKDENİZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
December 5 - 7, 2025
GİRNE
Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224

7 Aralık / Dec 7, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)

Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	**Dr. Gunay Rasulova**	1	IMPACT OF MIDWIFERY-LED CARE ON MATERNAL OUTCOMES IN AZERBAIJANI RURAL COMMUNITIES	Prof. Dr. Leyla Mammadova Mehriban Aliyeva
		2	ASSESSING NUTRITIONAL KNOWLEDGE AND PRACTICES AMONG PREGNANT WOMEN IN BAKU	Dr. Gunay Rasulova
		3	EFFECTIVENESS OF CONTINUING EDUCATION PROGRAMS IN MIDWIFERY PRACTICE IN FRANCE	Prof. Dr. Claire Dubois Dr. Pierre Martin Amelie Rousseau
		4	TRAINING MIDWIVES TO MANAGE OBSTETRIC EMERGENCIES IN RURAL ETHIOPIA: CHALLENGES AND OUTCOMES	Prof. Dr. Alemu Wondimu Dr. Genet Abebe
		5	COMMUNITY-BASED ANTENATAL CARE INITIATIVES IN SOUTHERN ETHIOPIA AND IMPACT ON BIRTH OUTCOMES	Dr. Miriam Tadesse Zerihun Mekonnen Assis. Prof. Dr. Kalkidan Endale Prof. Dr. Gebeyehu Bekele
		6	MIDWIFERY STUDENTS' ATTITUDES TOWARD EVIDENCE-BASED PRACTICE IN IRANIAN UNIVERSITIES	Dr. Nasrin Ghasemi Assis. Prof. Dr. Marjan Jafari Prof. Dr. Shahla Hassani
		7	WOMEN'S EXPERIENCES WITH HOME BIRTH ASSISTED BY MIDWIVES IN URBAN IRAN	Dr. Elham Shams Samira Tavakoli
		8	INTEGRATION OF MIDWIFERY INTO PRIMARY HEALTH CARE POLICY IN IRAN: PROGRESS AND CHALLENGES	Prof. Dr. Farzaneh Rahimi Dr. Zahra Sadeghi Mohammadreza Nouri Assis. Prof. Dr. Fatemeh Shafiei Maryam Hadian
		9		

AKDENİZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
7 Aralık / Dec 7, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	**Assis. Prof. Dr. Daria Stepanova**	1	EPIDEMIOLOGICAL STUDY OF FOOT-AND-MOUTH DISEASE OUTBREAKS IN CATTLE HERDS IN NORTHERN KYRGYZSTAN	Prof. Dr. Bakytbek Toktoraliev Dr. Cholpon Sattarova Dr. Nurlan Akmatov
		2	ASSESSMENT OF ANTIMICROBIAL RESISTANCE IN SMALL RUMINANTS ACROSS RURAL REGIONS OF KYRGYZSTAN	Dr. Aiperi Esenamanova Assis. Prof. Dr. Timur Bektursunov
		3	CLINICAL MANAGEMENT OF AVIAN RESPIRATORY DISEASES IN COMMERCIAL POULTRY FARMS IN SYRIA	Prof. Dr. Samira Al-Tahan Assoc. Prof. Dr. Jamal Suleiman Dr. Lina Omar Bashar Al-Khalil
		4	PREVALENCE AND CONTROL OF ENDOPARASITIC INFECTIONS IN SHEEP HERDS OF CENTRAL SYRIA	Dr. Rasha Haddad Assis. Prof. Dr. Fawaz Saeed Dr. Hassan Kassab
		5	COMPARATIVE ANALYSIS OF FELINE INFECTIOUS DISEASES IN URBAN AND RURAL SETTINGS OF RUSSIA	Prof. Dr. Viktor Lebedev Assis. Prof. Dr. Daria Stepanova
		6	SURVEILLANCE OF TICK-BORNE DISEASES IN LIVESTOCK THROUGHOUT SOUTHWESTERN RUSSIA	Assoc. Prof. Dr. Irina Smirnova Dr. Sergei Voronin Dr. Ola Timofeeva
		7	VETERINARY APPROACHES TO ZOONOTIC DISEASE PREVENTION IN SMALL RUMINANT POPULATIONS IN PALESTINE	Dr. Amal Rabea Assis. Prof. Dr. Hani Shalaby Dr. Ghada Hanoun

AKDENİZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
7 Aralık / Dec 7, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	**Assis. Prof. Dr. Anil Chandra**	1	MOLECULAR CHARACTERIZATION OF WILD AZERBAIJANI PLANTS FOR DROUGHT TOLERANCE	Prof. Dr. Leyla Huseynova Dr. Samir Quliyev Farida Mammadzade
		2	ANALYSIS OF GENOMIC DIVERSITY IN AZERBAIJANI LANDRACE WHEAT POPULATIONS	Dr. Vugar Aliyev Assoc. Prof. Dr. Nigar Mammadova
		3	IMPACTS OF CONFLICT ON AQUATIC BIODIVERSITY IN THE JORDAN VALLEY	Prof. Dr. Hanan Al-Kurd Dr. Marwan Samara
		4	GENE FLOW AND POLLINATOR DYNAMICS IN OLIVE ORCHARDS UNDER PALESTINIAN CLIMATE CONDITIONS	Assoc. Prof. Dr. Faten Jarrar Dr. Ahmad Tamimi Maha Sabri
		5	INVESTIGATION OF SYMBIOTIC NITROGEN FIXATION IN JAPANESE SOYBEAN CULTIVARS	Dr. Yumi Nakamura Assis. Prof. Dr. Kenji Tanaka
		6	EXPLORING GENETIC RESISTANCE TO RICE BLAST DISEASE IN JAPANESE PADDY FIELDS	Prof. Dr. Takashi Sato Dr. Haruka Yoshida Taro Yamaguchi
		7	INTEGRATED MODELLING OF MONSOON DRIVEN ECOSYSTEM PROCESSES IN COASTAL SOUTH INDIA	Assis. Prof. Dr. Anil Chandra

AKDENİZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
7 Aralık / Dec 7, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	**Assis. Prof. Dr. Sana Al-Mansouri**	1	NONLINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS AND THEIR APPLICATIONS IN AZERBAIJANI ECOLOGICAL MODELING	Prof. Dr. Farhad Valiyev Dr. Leyla Mammadova
		2	QUANTUM OPTICS PHENOMENA IN PHOTONIC CRYSTAL STRUCTURES: INVESTIGATIONS AT BAKU STATE UNIVERSITY	Assoc. Prof. Dr. Elchin Karimov
		3	MATHEMATICAL APPROACHES TO EPIDEMIC SPREAD: CASE STUDY FROM INDONESIAN URBAN POPULATIONS	Dr. Arya Dharmadji Assis. Prof. Dr. Putri Wulandari Anisa Kurnia
		4	OPTIMIZATION ALGORITHMS IN MACHINE LEARNING FOR LARGE-SCALE FINANCIAL DATA ANALYSIS IN INDONESIA	Prof. Dr. Surya Pranata Dr. Nia Rahmawati
		5	DEEP LEARNING ARCHITECTURES FOR IMAGE ANALYSIS IN CHINESE MEDICAL DIAGNOSTICS	Prof. Dr. Wei Zhang Dr. Liu Yan Xin Wen Mei Zhou
		6	THEORETICAL INVESTIGATIONS OF NOVEL MATERIALS IN QUANTUM INFORMATION PROCESSING IN CHINA	Dr. Bo Chen Assoc. Prof. Dr. Li Hua
		7	MULTI-SCALE MATHEMATICAL MODELS OF URBAN TRANSPORTATION NETWORKS IN QATAR	Prof. Dr. Faisal Al-Kuwari Amal Al-Thani Yousef Abdulrahman
		8	ADVANCED QUANTUM MECHANICS IN PHOTON-BASED COMPUTING SYSTEMS IN QATAR	Assis. Prof. Dr. Sana Al-Mansouri Nasser Ali

AKDENİZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
7 Aralık / Dec 7, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	**Assoc. Prof. Dr. Kamala Ismailova**	1	ARTIFICIAL INTELLIGENCE-DRIVEN LANGUAGE MODELS IN AZERBAIJANI NATURAL LANGUAGE PROCESSING	Prof. Dr. Elmar Huseynov Leyla Mehdiyeva Javid Mammadli
		2	APPLICATION OF MACHINE LEARNING IN PREDICTIVE HEALTHCARE ANALYTICS IN AZERBAIJAN	Assoc. Prof. Dr. Kamala Ismailova Elshan Aliyev
		3	ROBOTICS EDUCATION AND AI CURRICULUM DESIGN IN PALESTINIAN UNIVERSITIES: DEVELOPMENT AND CHALLENGES	Dr. Yasmeen Mansour Assoc. Prof. Dr. Khalid Al-Qassam
		4	DEEP LEARNING ALGORITHMS FOR AGRICULTURAL DATA ANALYSIS IN PALESTINE	Dr. Rania Zayed Hisham Abu-Hasan Ahmed Al-Najjar
		5	MULTI-MODAL DEEP LEARNING SYSTEMS FOR AUTONOMOUS VEHICLE NAVIGATION IN URBAN JAPAN	Prof. Dr. Takashi Morimoto Dr. Haruka Sano Keiji Tanaka
		6	SOCIAL ROBOTICS FOR ELDERLY CARE: SOLUTIONS AND LIMITATIONS IN THE JAPANESE HEALTHCARE CONTEXT	Assoc. Prof. Dr. Yumi Nakamura Hiroshi Kato Miyuki Suzuki Momoka Shiraishi
		7	NATURAL LANGUAGE GENERATION FOR AUTOMATIC MEDIA CONTENT CREATION IN INDIAN LANGUAGES	Dr. Anjali Sharma Pravin Kulkarni Meena Raj Sanjay Dutta
		8	AI-POWERED DIAGNOSTIC SYSTEMS IN RURAL INDIAN HOSPITALS: OVERCOMING INFRASTRUCTURAL BARRIERS	Dr. Vishal Ramesh Arjun Singh

AKDENİZ 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES December 5 - 7, 2025 GİRNE Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
7 Aralık / Dec 7, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 9	**Prof. Dr. Hyun-woo Lee**	1	EMERGING TRENDS IN FLEXIBLE ELECTRONICS FOR WEARABLE HEALTH MONITORING DEVICES	Prof. Dr. Rakesh Singh Dr. Anjali Kapoor
		2	INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EMBEDDED SYSTEMS FOR SMART AGRICULTURE	Assoc. Prof. Dr. Neeraj Bhattacharya Dr. Priya Verma Rajesh Kumar
		3	MODULAR ROBOTICS FOR DISASTER RESPONSE: DESIGN AND IMPLEMENTATION IN PHILIPPINE COMMUNITIES	Prof. Dr. Carlo Santos Dr. Regina Mercado
		4	NOVEL APPROACHES TO WIRELESS POWER TRANSMISSION FOR RURAL ELECTRIFICATION IN THE PHILIPPINES	Dr. Maricar Jocson Prof. Dr. Robert Ramirez John Paulo Dela Cruz
		5	DEVELOPING HIGH-PERFORMANCE GRAPHENE TRANSISTORS FOR NEXT-GENERATION ELECTRONIC DEVICES	Dr. Soo-jin Park Assoc. Prof. Dr. Min-ho Kim Jin-ho Choi Dr. Minji Jeong
		6	ADVANCEMENTS IN QUANTUM DOT PHOTODETECTORS FOR OPTICAL COMMUNICATION SYSTEMS IN SOUTH KOREA	Prof. Dr. Hyun-woo Lee
		7	IMPLEMENTATION OF SOLAR-POWERED MICROGRID SYSTEMS FOR SUSTAINABLE ELECTRIFICATION IN SENEGALESE VILLAGES	Prof. Dr. Abdoulaye Diouf Dr. Aminata Sarr Moussa Ndiaye Fatou Thiam
		8	OPTIMIZING LOW-POWER IOT SENSORS FOR ENVIRONMENTAL MONITORING IN SENEGALESE AGRICULTURE	Dr. Khadim Faye Assis. Prof. Dr. Mariama Diongue

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Contents

Synthesis and characterization of 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate, and *in silico* study on acetylcholine esterase, pancratic lipase and tyrosinase 1

N'-(PİRİDİN-2-İLMETİLEN)NİKOTİNHİDRAZİT VE BAKIR KOMPLEKSİNİN MOLEKÜLER YERLEŞTİRME YOLUYLA KARŞILAŞTIRMALI DNA BAĞLANMA PROFİLLERİ 14

SIĞIR DERİSİNİN DAYANIKLILIK VE ESTETİK ÖMRÜNE ÇEVRESEL FAKTÖRLERİN ETKİSİ: MEKANİZMALAR VE KORUMA STRATEJİLERİ 20

DERİ ÜRÜNLERİNİN YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ: META-ANALİTİK BİR ÇALIŞMA 33

BİR OTOMOTİV YAN SANAYİSİNDE KAUÇUK HORTUM ÜRETİMİNDEKİ VERİ DOĞRULUĞU VE SÜREÇ İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI 39

GIDALARDA POLEN KULLANIMI, FONKSİYONEL VE TEKNOLOJİK ETKİLERİ 53

BEYAZ ZAMBAK POLENİNİN BİYOAKTİF ÖZELLİKLERİ: FARKLI ÇÖZÜCÜ EKSTRAKTLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ 60

ENDOFİTİK BAKTERİLERİN YABANİ *Vicia cracca* BİTKİLERİNDEN İZOLASYONU, KÜLTÜR ÖZELLİKLERİNİN VE ANTİBİYOTİK DİRENÇLERİNİN TESPİTİ 71

ORGANİK YAPIDAKİ ATIKLARDAN ÜRETİLEN VERMİKOMPOSTUN BAKTERİ FLORASININ BELİRLENMESİ 77

Okullarda KBRN (Kimyasal, Biyolojik, Radyolojik ve Nükleer) Farkındalığının Artırılmasına Yönelik Eğitim İçerikleri: Sistematik Bir Derleme 86

TIO_2 SUPPORTED NICKEL COMPLEX AS AN ADVANCED CATALYST FOR HYDROGEN PRODUCTION 99

CERIUM OXIDE SUPPORTED COPPER COMPLEX CATALYSTS FOR EFFICIENT HYDROGEN GENERATION FROM POTASSIUM BOROHYDRIDE HYDROLYSIS 104

SPORTS INJURIES RELATED TO TRAINING AND SPORT TYPES IN FEMALE ATHLETES 109

FUNCTIONAL EFFECTS OF PHYSICAL ACTIVITY IN INDIVIDUALS WITH EPILEPSY 116

Engelli Öğrenciler İçin Beden Eğitimi Ders Uygulamaları: Öğretmen Rolü ve Stratejileri 123

Kafein Kullanımına İlişkin Antrenör Perspektifleri: Vücut Geliştirme Ve Fitness Alanında Bir İnceleme 134

MEDİKAL TURİSTLERİN SAĞLIK RİSKLERİNİ ÖNLEYİCİ DAVRANIŞLARI İLE SAĞLIK SEYAHATİNDEN MEMNUNİYETLERİ ARASINDAKİ YAPISAL İLİŞKİLER 152

SAĞLIK TURİZMİNDE DESTİNASYON İMAJININ YENİDEN ZİYARET NİYETİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ 161

GENERATIONS Y, X AND BABY BOOMERS: A COMPARATIVE STUDY REGARDING INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY SKILLS 171

ATHLETE BURNOUT: PSYCHOLOGICAL DETERMINANTS, HEALTH-RELATED OUTCOMES AND PREVENTION STRATEGIES 186

THE EFFECTS OF LAUGHTER YOGA ON HEALTH 198

THE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON HEALTH 206

AN EVALUATION OF ENERGY-RELATED RISKS IN THE AGRICULTURAL SECTOR 213

ŞEKER PANCARINDA FUNGAL KÖK ÇÜRÜKLÜKLERİ: ARTAN TEHDİT VE YÖNETİM STRATEJİLERİ 228

BÜYÜKBAŞ AHIRLARINDA KULLANILAN GÜBRE SIYIRICILARDA MEYDANA GELEN KUVVETLERİN AYRIK ELEMANLAR METODUYLA ANALİZİ 245

ORGANİK VE ORGANİK DESTEKLİ GÜBRE UYGULAMALARININ SALİHLİ KİRAZ ÇEŞİDİNDE VERİM VE MEYVE KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ 258

FASULYE (PHASEOLUS VULGARİS L.) BİTKİSİNİN VERİM VE BESİN ELEMENTİ ALIMI ÜZERİNE HÜMİK ASİT UYGULAMALARININ ETKİSİ 269

SİYAH VE BEYAZ ÇELTİK: RENK FARKININ FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL SÜREÇLERDEKİ DURUMU 279

TUNING PID PARAMETERS USING DEEP Q-NETWORK FOR TRAJECTORY TRACKING OF MOBILE ROBOTS 287

THERMAL INVESTIGATION OF OIL AND WATER-COOLING METHODS FOR GENERATOR AND GEARBOX HEAT DISSIPATION IN WIND TURBINES 295

MECHANICAL BEHAVIOR OF STRUCTURAL COMPONENTS RIB-STIFFENED WITH PERIODIC AND NON-PERIODIC LATTICE STRUCTURES..... 331

STATIC ANALYSIS OF STOCHASTIC DELAUNAY AND VORONOI LATTICES DERIVED FROM AN IDENTICAL SEED POINT DISTRIBUTION AND THICKNESS PARAMETER 336

STRUCTURAL ANALYSIS AND COMPARISON OF SEAT CONNECTION SYSTEMS WITH DIFFERENT MATERIALS USED IN M3 CLASS VEHICLES 341

DESIGN PRINCIPLES AND CONSTRUCTION PHASES OF WATER GARDENS: COMPARISON OF NATURAL AND ARTIFICIAL APPROACHES 350

WATER USE IN JAPANESE GARDENS: DESIGN PRINCIPLES AND SPATIAL ARRANGEMENTS 363

THE IMPORTANCE OF ERZINCAN GİRLEVİK WATERFALL IN TERMS OF WETLAND ECOSYSTEMS AND ITS SUSTAINABLE USE POTENTIAL..... 380

YOL YAPIM TEKNİKLERİNDE YAPAY ZEKANIN KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI 393

YOL YAPIM TEKNİKLERİNDEKİ RİSKLER ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME..... 404

ENERGY EFFICIENCY IN BUILDINGS AND SMART ELECTRICAL SYSTEMS..... 415

ELECTRICAL INSTALLATION STANDARDS IN TERMS OF FIRE SAFETY..... 424

GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİNDE ADACIKLAŞMA ALGILAMASINDA YAPAY ZEKÂ TABANLI ÇÖZÜMLER 433

ARCHITECTURES AND PERCEPTION–LOCALIZATION FRAMEWORKS FOR AUTONOMOUS VEHICLES: A LAYERED REVIEW 444

APPLICATION POTENTIAL OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE–BASED REAL ESTATE VALUATION MODELS 458

BUILDING ENERGY PERFORMANCE AND REAL ESTATE VALUE RELATIONSHIP: AN ENGINEERING PERSPECTIVE 466

HOTEL MANAGEMENT APPLICATIONS WITH FUZZY LOGIC..... 474

EFFECTIVENESS AND IMPLEMENTATION ANALYSIS OF LOCAL GOVERNMENTS' URBAN TRANSFORMATION POLICIES 482

MECHANICAL RESPONSE OF MULTIAXIAL GLASS FIBER WOVEN-REINFORCED POLYESTER COMPOSITE MATERIALS..... 491

CHARACTERIZATION OF MECHANICAL AND ELECTRICAL PROPERTIES OF CARBON NANOTUBE AND CARBON BLACK REINFORCED POLYESTER HYBRID COMPOSITES 502

P20+NI KALIP ÇELİĞİNDE FARKLI ÖN ISIL İŞLEMLER VE NİTRASYON SÜRELERİNİN YÜZEY TABAKA KARAKTERİSTİKLERİNE ETKİSİ 513

SARIÇAM TALAŞI DOLGULU VİNİLESTER ESASLI KOMPOZİTLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ 525

FINDIK KABUĞU DOLGULU VİNİLESTER ESASLI KOMPOZİTLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ 536

ZEMİN ARAŞTIRMALARINDA LABORATUVAR DENEYLERİ İLE JEOFİZİK BULGULARIN BÜTÜNLEŞİK DEĞERLENDİRİLMESİ: BORNOVA/İZMİR ÖRNEĞİ 546

ÜRİNER KONTİNANSI OLMAYAN ÇOCUKLARDA İDRAR ÖRNEĞİ TOPLAMA 557

PEDİATRİK İNTRAMÜSKÜLER ENJEKSİYONDA AĞRI YÖNETİMİ İÇİN YENİ BİR TEKNİK: HELFER SKİN TAP 567

NURSING STUDENTS' KNOWLEDGE AND AWARENESS OF SHAKEN BABY SYNDROME: A DESCRIPTIVE AND CROSS-SECTIONAL STUDY 577

DOĞUM AĞRISI VE DOĞUMUN BİRİNCİ EVRESİNDE KANITA DAYALI UYGULAMALAR 585

NORMAL DOĞUM EYLEMİNİN İKİNCİ VE ÜCÜNCÜ EVRESİNDE KANITA DAYALI UYGULAMALAR 596

GENOTOXICITY ASSESSMENT OF DICAMBA PESTICIDE WITH COMET ASSAY 602

GENOTOXICITY ASSESSMENT OF GLYPHOSATE PESTICIDE WITH COMET ASSAY 610

DOSE-DEPENDENT EFFECTS OF NATAMYCIN ON MERISTEMATIC CELL INTEGRITY IN *ALLIUM CEPA* 619

INVESTIGATION OF THE BIOCHEMICAL TOXICITY INDUCED BY TRICHLORFON INSECTICIDE IN *ALLIUM CEPA* 626

INVESTIGATION OF BARIUM-INDUCED MERISTEMATIC CELL DAMAGE IN *ALLIUM CEPA* 634

A STUDY ON THE PHYSIOLOGICAL TOXICITY OF CHOCOLATE BROWN HT (E155) IN *ALLIUM CEPA* 641

Türkiye Denizlerinden Örneklenen *Belone belone* Zargana (Linnaeus, 1761) Türünün Boy-Boy ve Boy-Ağırlık İlişkilerinin Değerlendirilmesi 648

Türkiye Denizlerinden Denizleri'nden Örneklenen *Trachurus mediterraneus* (Steindachner, 1868) Türünün Otolit Kütle Asimetrisindeki Alansal Varyasyonlar 658

EFFECTS OF SELENIUM AND VITAMIN E SUPPLEMENTATION ON METABOLIC AND OXIDANT PARAMETERS IN COWS DURING THE PREPARTUM PERIOD 669

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF QUINACRINE AGAINST LIPOPOLYSACCHARIDE-INDUCED SPLEEN DAMAGE IN RATS 676

MOLECULAR EVIDENCE AND EVOLUTIONARY OUTCOMES OF POLYANDRY IN INSECTS 683

POTENTIAL USE OF POLYAMINES IN FRUIT CULTIVATION 691

A CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR ENHANCING IOT SECURITY AND EFFICIENCY VIA DEEP LEARNING IN CLOUD AND DISTRIBUTED COMPUTING ENVIRONMENTS 704

DEVELOPMENT OF A DYNAMIC PRICING SYSTEM WITH MULTI-CHANNEL INTEGRATION FOR THE ELECTRONIC SECURITY SECTOR 713

DEVELOPMENT OF A LARGE LANGUAGE MODEL-BASED CALL CENTER SOLUTION FOR THE TOURISM SECTOR 727

DEVELOPMENT OF MACHINE LEARNING-BASED CUSTOMER CHURN PREDICTION MODELS FOR PAYMENT AND ELECTRONIC MONEY INSTITUTIONS 738

A MACHINE LEARNING-BASED FRAMEWORK FOR EARTHQUAKE ALERT LEVEL CLASSIFICATION USING SEISMIC AND GEOPHYSICAL FEATURES 749

CLASSIFICATION OF EARTHQUAKE ALERT LEVELS USING MACHINE LEARNING AND DEEP LEARNING MODELS 758

A STUDY ON CRITERIA WEIGHTING AND APPLICATION FOR PERSONNEL SELECTION IN A PUBLIC INSTITUTION USING THE SWARA METHOD 768

PERSONNEL SELECTION IN PUBLIC INSTITUTIONS USING A HYBRID DECISION SUPPORT MODEL BASED ON AHP AND WASPAS: AN APPLICATION STUDY 783

DERİN ÖĞRENME TABANLI YOL BOZULMASI SINIFLANDIRMASI İÇİN RESNET18 VE MOBİLENETV3-LARGE MODELLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI 798

MAKİNE ÖĞRENMESİ MODELLERİNİN HİPERPARAMETRE OPTİMİZASYONU İLE DİYABET RİSK TAHMİNİ 807

KRONİK HASTALIKLARIN ÖZ YÖNETİMİNDE HEMŞİRELİK YAKLAŞIMLARI: BİBLİYOMETRİK ANALİZ 817

Hemşirelerin Tıbbi Atık Ayrıştırma Politikalarında Çoğul Bilgi Düzeylerinin İncelenmesi: Bir Üniversite Hastanesi örneği 837

LABORATUVAR TEKNİSYENLERİNİN TIBBİ YAPAY ZEKÂ UYGULAMARINA YÖNELİK TUTUMLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ 848

A NEW METHOD CODING THEORY BY THIRD ORDER JACOBSTHAL SEQUENCE 858

A NEW APPLICATION TO CODING THEORY VIA SPECIAL INTEGER SEQUENCES 865

FIXED POINT PROPERTY ON CLOSED–BOUNDED–CONVEX SUBSETS OF THE KÖTHE–TOEPLITZ DUAL SPACE $\boldsymbol{U1(m)}$ 871

FIXED POINT PROPERTY FOR NONEXPANSIVE MAPPINGS IN A WEIGHTED CESÀRO–TYPE SEQUENCE SPACE $\boldsymbol{W1m}$ 887

DOĞU AKDENİZ KIYI EKOSİSTEMİNDE KLOROFİL-A DİNAMİKLERİNİN MODIS TERRA VERİLERİ İLE ZAMANSAL ANALİZİ (2002–2022) 902

ENDÜSTRİYEL İŞ KOLLARINDA KARPAL TÜNEL SENDROMU VE MESLEKİ ANALİZİ 913

ERGENLERDE BÖBREK SAĞLIĞI BİLGİ DÜZEYİ VE ETKİLEYEN FAKTÖRLER: KESİTSEL BİR ÇALIŞMA 927

BEYAZ GÜRÜLTÜNÜN ÇOCUKLAR ÜZERİNDEKİ KULLANIMINA YÖNELİK TEZLERİN BİBLİYOMETRİK ANALİZİ: YÖK ULUSAL TEZ VERİ TABANI ÖRNEĞİ 928

CERRAHİ ATIK YÖNETİMİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK: “YEŞİL AMELİYATHANE” PRATİKLERİ 930

TÜRK ERKEK POPÜLASYONUNDA ŞİDDETLİ ERKEK TİPİ KELLİK İÇİN TAHMİN MODELİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE DOĞRULANMASI 932

FALSE-POSITIVE RESULTS IN AMPHETAMINE IMMUNOASSAY 934

BİLATERAL LATERAL DİŞ EKSİKLİĞİNİN SİLİKON ANAHTAR DESTEKLİ DİREKT KOMPOZİT RESTORASYON İLE TEK SEANSTA REHABİLİTASYONU: VAKA SUNUMU 935

İKİ FARKLI KALÇA ABDÜKTOR VE ADDÜKTÖR HAREKETİNİN KAS KUVVETİ VE KAS VİSKOELASTİK ÖZELLİKLERİNE AİT AKUT ETKİSİNİN KARŞILAŞTIRILMASI 936

ADOLESCENTS’ ACCESS AND USE OF SEXUAL AND REPRODUCTIVE HEALTH SERVICES IN ALBANIA 938

CREATIVE INDUSTRIES: AN INDUSTRIAL DESIGN ENGINEERING APPROACH 939

TANZİMAT SONRASI İSTANBUL'DA KADIN MEKÂNLARININ KENTSEL BAĞLAMDA DAĞILIMI (1840–1910) 941

TANZİMAT DÖNEMİ İSTANBUL'DA YAPI CEPHELERİNDE AYDINLATMANIN MEKÂNSAL VE MİMARİ KATKILARI: BEYOĞLU-PERA ÖRNEĞİ 943

GENE EXPRESSION PATTERNS ASSOCIATED WITH RIPENING AND QUALITY TRAITS IN HORTICULTURAL CROPS 945

BIOACTIVE VALUE, USES, AND RECENT BREEDING ADVANCES OF *Arbutus unedo* (STRAWBERRY TREE) 946

ASSESSING THE IMPACT OF TELEMEDICINE ON RURAL HEALTHCARE ACCESS IN GERMANY 947

INVESTIGATING THE RELATIONSHIP BETWEEN AIR POLLUTION AND RESPIRATORY DISEASE PREVALENCE IN BERLIN 948

PREVALENCE AND SOCIOECONOMIC FACTORS IN MALARIA CONTROL EFFORTS AMONG ERITREAN SCHOOLCHILDREN 949

MATERNAL AND NEONATAL HEALTH OUTCOMES AFTER COMMUNITY-BASED INTERVENTIONS IN ASMARA 950

ARDIOVASCULAR DISEASE PREVENTION STRATEGIES IN SERBIAN PRIMARY CARE: AN EPIDEMIOLOGICAL STUDY 951

EVALUATING MENTAL HEALTH SERVICES CAPACITY AND ACCESSIBILITY IN SOUTHERN SERBIA 952

VACCINATION COVERAGE AND INFECTION RATES AMONG CHILDREN IN CAIRO SCHOOLS 953

BARRIERS TO WOMEN'S CANCER SCREENING PARTICIPATION IN EGYPT: A MULTICENTER STUDY 954

HEALTH PROMOTION STRATEGIES FOR DIABETES PREVENTION AMONG EGYPTIAN ADOLESCENTS 955

MOLECULAR CHARACTERIZATION AND ANTIBIOTIC RESISTANCE PATTERNS IN ESCHERICHIA COLI ISOLATED FROM DAIRY HERDS 956

PREVALENCE OF TOXOPLASMOSIS IN SMALL RUMINANTS: EPIDEMIOLOGICAL STUDY IN KHORASAN REGION 957

VETERINARY SURGICAL MANAGEMENT OF BONE FRACTURES IN WORKING DOGS: A CLINICAL STUDY 958

ZOONOTIC TRANSMISSION OF BRUCELLOSIS FROM LIVESTOCK TO HUMAN POPULATIONS IN NORTHERN SERBIA 959

EPIDEMIOLOGICAL ASSESSMENT OF CANINE PARVOVIRUS OUTBREAKS IN SOUTHWESTERN NIGERIA 960

ASSESSMENT OF TICK-BORNE HEMOPARASITES IN DAIRY CATTLE AND THEIR IMPACT ON MILK PRODUCTIVITY 961

MOLECULAR TYPING AND ANTIBIOGRAM PROFILES OF METHICILLIN-RESISTANT STAPHYLOCOCCUS AUREUS IN POULTRY FARMS 962

ADVANCES IN THE SYNTHESIS OF FUNCTIONALIZED ORGANIC MOLECULES FOR PHARMACEUTICAL APPLICATIONS 963

INVESTIGATION OF POLYMERIC NANOCOMPOSITES FOR ENHANCED CATALYTIC PERFORMANCE IN INDUSTRIAL PROCESSES 964

DEVELOPMENT AND APPLICATION OF METAL-ORGANIC FRAMEWORKS IN ENVIRONMENTAL REMEDIATION 965

KINETIC AND THERMODYNAMIC STUDY OF COPPER-CATALYZED ORGANIC TRANSFORMATION REACTIONS..... 966

NOVEL APPROACHES TO BIOPOLYMER SYNTHESIS FOR MEDICAL DEVICE ENGINEERING 967

ELECTROCHEMICAL METHODS FOR DETECTION OF HEAVY METAL IONS IN DRINKING WATER..... 968

CATALYTIC CONVERSION OF BIOMASS-DERIVED SUBSTRATES TO BIOFUELS USING TRANSITION METAL COMPLEXES 969

DEVELOPMENT OF ADVANCED METAL MATRIX COMPOSITES FOR HIGH-TEMPERATURE APPLICATIONS 970

INVESTIGATION OF NANOSTRUCTURED CERAMICS FOR PHOTOCATALYTIC WATER PURIFICATION 971

MULTISCALE MODELING OF MECHANICAL BEHAVIOR IN NANOCRYSTALLINE TITANIUM ALLOYS 972

EFFECT OF ULTRASONIC CONSOLIDATION ON THE JOINING OF DISSIMILAR METAL SHEETS 973

SYNTHESIS AND ELECTRICAL CHARACTERIZATION OF GRAPHENE-BASED FLEXIBLE ELECTRONICS..... 974

ADVANCED COATING STRATEGIES FOR CORROSION RESISTANCE IN POWER PLANT STEELS 975

BIOCOMPATIBLE POLYMER NANOCOMPOSITES FOR TISSUE ENGINEERING APPLICATIONS 976

INVESTIGATION OF FUNCTIONALIZED SILICA NANOPARTICLES FOR DRUG DELIVERY SYSTEMS 977

ENHANCED PROTEIN EXTRACTION FROM KAZAKHSTAN LEGUMES USING NOVEL ENZYMATIC METHODS 978

DEVELOPMENT AND CHARACTERIZATION OF SMART BIODEGRADABLE FOOD PACKAGING FILMS BASED ON KAZAKHSTANI STARCH SOURCES..... 979

INTEGRATED MICROALGAE CULTIVATION SYSTEMS FOR NUTRIENT-RICH FOOD PRODUCTION IN BANGLADESH 980

POST-HARVEST TECHNOLOGIES FOR REDUCING FRUIT AND VEGETABLE LOSS IN BANGLADESHI MARKETS 981

APPLICATION OF 3D PRINTING IN DESIGNING FUNCTIONAL FOODS WITH TAILORED TEXTURE IN SINGAPORE 982

DATA-DRIVEN OPTIMIZATION IN INDUSTRIAL FERMENTATION FOR SUSTAINABLE FOOD INGREDIENTS 983

DEVELOPMENT OF NATURAL ANTIOXIDANT SYSTEMS TO PRESERVE QUALITY IN ALGERIAN OLIVE OIL 984

APPLICATION OF FLEXIBLE ELECTRONICS FOR WEARABLE HEALTH MONITORING SYSTEMS 985

DESIGN AND PERFORMANCE ANALYSIS OF ENERGY-EFFICIENT INTERNET OF THINGS (IOT) SENSOR NODES FOR SMART AGRICULTURE..... 986

DEVELOPMENT OF LOW-POWER VLSI ARCHITECTURES FOR AI-ENABLED EDGE COMPUTING DEVICES 987

INTELLIGENT SMART GRID CONTROL USING DEEP LEARNING ALGORITHMS FOR POWER DISTRIBUTION OPTIMIZATION 988

RECONFIGURABLE ANTENNA DESIGN FOR MILLIMETER WAVE 5G COMMUNICATION APPLICATIONS 989

SILICON PHOTONICS INTEGRATED CIRCUITS FOR ULTRA-FAST OPTICAL TELECOM NETWORKS 990
DEVELOPMENT OF GRAPHENE-BASED NANOELECTRONIC DEVICES FOR NEXT-GENERATION SENSORS 991
INNOVATIVE STRATEGIES IN THE SEISMIC DESIGN OF URBAN INFRASTRUCTURE IN YEREVAN 992
DEVELOPMENT OF ECO-FRIENDLY CONCRETE COMPOSITES WITH LOCALLY SOURCED MATERIALS ... 993
INTELLIGENT FLOOD MANAGEMENT SYSTEMS FOR URBAN CENTERS IN LAHORE 994
ADVANCED OPTIMIZATION OF WIND ENERGY INFRASTRUCTURE IN COASTAL PAKISTAN..... 995
APPLICATION OF NANOMATERIALS IN WATER PURIFICATION SYSTEMS FOR KARACHI..... 996
SUSTAINABLE DESIGN OF EMBANKMENT DAMS UNDER ARID CLIMATE CONDITIONS 997
PERFORMANCE EVALUATION OF SMART TRAFFIC MANAGEMENT TECHNITIES IN MUSCAT 998
DEVELOPING SOLAR-POWERED MICROGRID SOLUTIONS FOR REMOTE COMMUNITIES IN OMAN 999
MODELING OF EARTHQUAKE-RESISTANT HOUSING FOR TROPICAL CLIMATE ZONES IN JAKARTA..... 1000
ASYMPTOTIC ANALYSIS OF NONLINEAR DYNAMICAL SYSTEMS IN PHYSICAL MODELLING 1001
RECENT METHODS IN ALGEBRAIC NUMBER THEORY: APPLICATIONS TO CRYPTOGRAPHY..... 1002
ADVANCES IN MACHINE LEARNING APPROACHES FOR MATHEMATICAL OPTIMIZATION 1003
MODELING SPATIOTEMPORAL PHENOMENA WITH PARTIAL DIFFERENTIAL EQUATIONS IN ENVIRONMENTAL SCIENCES 1004
STABILITY AND SPECTRAL ANALYSIS OF NONLINEAR OPERATORS IN FUNCTION SPACES..... 1005
PHYSICAL PROPERTIES AND STABILITY OF EMULSIONS AS AFFECTED BY NATIVE AND MODIFIED YAM STARCHES..... 1006
OPTIMIZATION OF EXTRACTION OF PHENOLIC COMPOUNDS FROM AVICENNIA MARINA (FORSSK.) VIERH USING RESPONSE SURFACE METHODOLOGY 1007
CHEMICAL AND BIOLOGICAL PROPERTIES OF LOCAL COWPEA SEED PROTEIN GROWN IN GIZAN REGION 1008
INTERACTION EFFECT OF DGAT1 AND COMPOSITE GENOTYPE OF BETA-KAPPA CASEIN ON ECONOMIC MILK PRODUCTION TRAITS IN CROSSBRED HOLSTEIN 1009
REVEALING CASEIN MICELLE DISPERSION UNDER VARIOUS RANGES OF NACL: EVOLUTION OF PARTICLES SIZE AND STRUCTURE 1010
PROCESS DEVELOPMENT OF SAFE AND READY-TO-EAT RAW OYSTER MEAT BY IRRADIATION TECHNOLOGY..... 1011
APPLICATION OF AUTOMORPHISM GROUPS IN GRAPH THEORY AND THEIR IMPLICATIONS FOR NETWORK STRUCTURES..... 1012
RECENT ADVANCES IN PARTIAL DIFFERENTIAL EQUATIONS: ANALYSIS AND COMPUTATION..... 1013
ASYMPTOTIC ANALYSIS OF NONLINEAR DYNAMICAL SYSTEMS IN PHYSICAL MODELLING 1014
SHED SNAKE SKINS: A NATURAL RESOURCE FOR BIOMIMETIC MEMBRANES – ADVANCING PERMEATION STUDIES AND DRUG DELIVERY APPLICATIONS..... 1015
PRECISION DRUG DELIVERY OF GLIBENCLAMIDE: EXPLORING THE IMPACT OF POLYVINYL PYRROLIDONE AND ETHYL CELLULOSE CONCENTRATION ON RELEASE PROFILES AND KINETICS..... 1016

INVESTIGATING THE EFFECTS OF AMINOPOLYETHER ON 18F-FDG PROPERTIES AND ITS IMPLICATIONS FOR PET IMAGING APPLICATIONS 1017

ENDOPHYTES AS A NEW SOURCE OF BIOACTIVE COMPOUNDS: ISOLATION AND IDENTIFICATION OF FIBRINOLYTIC PROTEASE-PRODUCING FUNGI FROM HIBISCUS LEAVES 1018

FROM CONCEPT TO REALITY: THE DESIGN AND DEVELOPMENT OF A MECHANICAL FORCE GAUGE FOR SQUARE WATERMELON MOLDING 1019

THE ROLE OF EXERCISE IN IMPROVING SEXUAL PERFORMANCE AND SEMEN QUALITY OF SAHIWAL BULLS: A PRACTICAL GUIDE FOR BREEDERS 1020

INVESTIGATING THE IMPACT OF DIETARY HERBAL SEED SUPPLEMENTATION ON CARCASS CHARACTERISTICS, IMMUNE RESPONSE, AND ANTIOXIDANT STATUS OF BROILER CHICKENS 1021

INFLUENCE OF PLACE IDENTITY ON WALKABILITY: A COMPARATIVE STUDY BETWEEN TWO MIXED USED STREETS CHAHARBAGH ST. ISFAHAN, IRAN AND DEREBOYU ST. LEFKOSA, NORTH CYPRUS 1022

RENEWED URBAN WATERFRONT: SPATIAL CONDITIONS OF A CONTEMPORARY URBAN SPACE TYPOLOGY 1023

URBAN ECOLOGICAL INTERACTION: AIR, WATER, LIGHT AND NEW TRANSIT AT THE HUMAN SCALE OF BARCELONA'S SUPERILLES 1024

PERFORMANCE EVALUATION OF A 'PRIORITY-CONTROLLED' INTERSECTION CONVERTED TO SIGNAL-CONTROLLED INTERSECTION 1025

DISCUSSION ABOUT FREQUENT ADJUSTMENT OF URBAN MASTER PLANNING IN CHINA: A CASE STUDY OF CHANGSHOU DISTRICT, CHONGQING CITY 1026

HYBRID LIVING: EMERGING OUT OF THE CRISES AND DIVISIONS 1027

CORPORATE GOVERNANCE STRUCTURES AND OVERLAPPING DIRECTORATES IN THE CZECH REPUBLIC 1028

IMPACT OF MIDWIFERY-LED CARE ON MATERNAL OUTCOMES IN AZERBAIJANI RURAL COMMUNITIES 1029

ASSESSING NUTRITIONAL KNOWLEDGE AND PRACTICES AMONG PREGNANT WOMEN IN BAKU 1030

EFFECTIVENESS OF CONTINUING EDUCATION PROGRAMS IN MIDWIFERY PRACTICE IN FRANCE 1031

TRAINING MIDWIVES TO MANAGE OBSTETRIC EMERGENCIES IN RURAL ETHIOPIA: CHALLENGES AND OUTCOMES 1032

COMMUNITY-BASED ANTENATAL CARE INITIATIVES IN SOUTHERN ETHIOPIA AND IMPACT ON BIRTH OUTCOMES 1033

MIDWIFERY STUDENTS' ATTITUDES TOWARD EVIDENCE-BASED PRACTICE IN IRANIAN UNIVERSITIES 1034

WOMEN'S EXPERIENCES WITH HOME BIRTH ASSISTED BY MIDWIVES IN URBAN IRAN 1035

INTEGRATION OF MIDWIFERY INTO PRIMARY HEALTH CARE POLICY IN IRAN: PROGRESS AND CHALLENGES 1036

EPIDEMIOLOGICAL STUDY OF FOOT-AND-MOUTH DISEASE OUTBREAKS IN CATTLE HERDS IN NORTHERN KYRGYZSTAN 1037

ASSESSMENT OF ANTIMICROBIAL RESISTANCE IN SMALL RUMINANTS ACROSS RURAL REGIONS OF KYRGYZSTAN 1038

CLINICAL MANAGEMENT OF AVIAN RESPIRATORY DISEASES IN COMMERCIAL POULTRY FARMS IN SYRIA 1039

PREVALENCE AND CONTROL OF ENDOPARASITIC INFECTIONS IN SHEEP HERDS OF CENTRAL SYRIA 1040

COMPARATIVE ANALYSIS OF FELINE INFECTIOUS DISEASES IN URBAN AND RURAL SETTINGS OF RUSSIA 1041

SURVEILLANCE OF TICK-BORNE DISEASES IN LIVESTOCK THROUGHT SOUTHWESTERN RUSSIA 1042

VETERINARY APPROACHES TO ZOONOTIC DISEASE PREVENTION IN SMALL RUMINANT POPULATIONS IN PALESTINE 1043

MOLECULAR CHARACTERIZATION OF WILD AZERBAIJANI PLANTS FOR DROUGHT TOLERANCE..... 1044

ANALYSIS OF GENOMIC DIVERSITY IN AZERBAIJANI LANDRACE WHEAT POPULATIONS 1045

IMPACTS OF CONFLICT ON AQUATIC BIODIVERSITY IN THE JORDAN VALLEY..... 1046

GENE FLOW AND POLLINATOR DYNAMICS IN OLIVE ORCHARDS UNDER PALESTINIAN CLIMATE CONDITIONS 1047

INVESTIGATION OF SYMBIOTIC NITROGEN FIXATION IN JAPANESE SOYBEAN CULTIVARS..... 1048

EXPLORING GENETIC RESISTANCE TO RICE BLAST DISEASE IN JAPANESE PADDY FIELDS..... 1049

INTEGRATED MODELLING OF MONSOON DRIVEN ECOSYSTEM PROCESSES IN COASTAL SOUTH INDIA 1050

NONLINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS AND THEIR APPLICATIONS IN AZERBAIJANI ECOLOGICAL MODELING 1051

QUANTUM OPTICS PHENOMENA IN PHOTONIC CRYSTAL STRUCTURES: INVESTIGATIONS AT BAKU STATE UNIVERSITY 1052

MATHEMATICAL APPROACHES TO EPIDEMIC SPREAD: CASE STUDY FROM INDONESIAN URBAN POPULATIONS 1053

OPTIMIZATION ALGORITHMS IN MACHINE LEARNING FOR LARGE-SCALE FINANCIAL DATA ANALYSIS IN INDONESIA..... 1054

DEEP LEARNING ARCHITECTURES FOR IMAGE ANALYSIS IN CHINESE MEDICAL DIAGNOSTICS 1055

THEORETICAL INVESTIGATIONS OF NOVEL MATERIALS IN QUANTUM INFORMATION PROCESSING IN CHINA..... 1056

MULTI-SCALE MATHEMATICAL MODELS OF URBAN TRANSPORTATION NETWORKS IN QATAR 1057

ADVANCED QUANTUM MECHANICS IN PHOTON-BASED COMPUTING SYSTEMS IN QATAR 1058

ARTIFICIAL INTELLIGENCE-DRIVEN LANGUAGE MODELS IN AZERBAIJANI NATURAL LANGUAGE PROCESSING 1059

APPLICATION OF MACHINE LEARNING IN PREDICTIVE HEALTHCARE ANALYTICS IN AZERBAIJAN 1060

ROBOTICS EDUCATION AND AI CURRICULUM DESIGN IN PALESTINIAN UNIVERSITIES: DEVELOPMENT AND CHALLENGES..... 1061

DEEP LEARNING ALGORITHMS FOR AGRICULTURAL DATA ANALYSIS IN PALESTINE 1062

SOCIAL ROBOTICS FOR ELDERLY CARE: SOLUTIONS AND LIMITATIONS IN THE JAPANESE HEALTHCARE CONTEXT..... 1063

NATURAL LANGUAGE GENERATION FOR AUTOMATIC MEDIA CONTENT CREATION IN INDIAN LANGUAGES 1064

AI-POWERED DIAGNOSTIC SYSTEMS IN RURAL INDIAN HOSPITALS: OVERCOMING INFRASTRUCTURAL BARRIERS 1065

EMERGING TRENDS IN FLEXIBLE ELECTRONICS FOR WEARABLE HEALTH MONITORING DEVICES..... 1066

INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EMBEDDED SYSTEMS FOR SMART AGRICULTURE.... 1067

MODULAR ROBOTICS FOR DISASTER RESPONSE: DESIGN AND IMPLEMENTATION IN PHILIPPINE COMMUNITIES 1068

NOVEL APPROACHES TO WIRELESS POWER TRANSMISSION FOR RURAL ELECTRIFICATION IN THE PHILIPPINES 1069

DEVELOPING HIGH-PERFORMANCE GRAPHENE TRANSISTORS FOR NEXT-GENERATION ELECTRONIC DEVICES 1070

ADVANCEMENTS IN QUANTUM DOT PHOTODETECTORS FOR OPTICAL COMMUNICATION SYSTEMS IN SOUTH KOREA 1071

IMPLEMENTATION OF SOLAR-POWERED MICROGRID SYSTEMS FOR SUSTAINABLE ELECTRIFICATION IN SENEGALESE VILLAGES 1072

OPTIMIZING LOW-POWER IOT SENSORS FOR ENVIRONMENTAL MONITORING IN SENEGALESE AGRICULTURE 1073

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Synthesis and characterization of 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate, and *in silico* study on acetylcholine esterase, pancratic lipase and tyrosinase

Adem Korkmaz

Faculty of Health Sciences, MuşAlparslan University, Muş,49250 Turkey

Corresponding Author: *e-mail: a.korkmaz@alparslan.edu.tr *ORCID:0000-0002-0345-5794*

Abstract: Here, we present a facile synthetic strategy via triethylamine to prepare the 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate). The 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate was synthesized and characterized. The structure of 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate was determined by ^{1}H NMR, ^{13}C NMR, and HRMS techniques. The inhibition effects of 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate on acetylcholine esterase, pancreatic lipase, and tyrosinase were evaluated using in silico method. According to enzyme assays, the high affinities of 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate on acetylcholine esterase, pancreatic lipase, and tyrosinase were determined with low binding energy -12.4, -9.4, and -6.8 kcal/mol, respectively. Additionally, ADME studies of 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate) were also evaluated.

Keywords: 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate, tyrosinase, pancreatic lipase, acetylcholine esterase, molecular docking, ADME,

INTRODUCTION

Novel sulfonate hybrid structures have been studied in a wide range of important ways, including their biological[1-4], enzyme inhibition[5], anticancer[6], antimicrobial[7] and anti-inflammatory[8] activities, as well as being anti-oomycetes[9], anti-HIV[10], antihypertensive α-blocker and antiarrhythmic[11] and chemotherapeutic[12] agents. Among these studies, enzyme inhibition effects of sulfonate hybrid compounds have also been widely reported in the literature. Several studies have attempted to elucidate the effects of sulfonate derivatives as nucleotide pyrophosphatase/phosphodiesterase inhibitors [13-17]. In addition, the inhibitory properties of sulfonate derivatives against alkaline phosphatases have been investigated [18]. In addition, the peoniflorin-6'-O-benzene bis(sulfonate) derivative has been reported to be a mild immunomodulatory drug with anti-inflammatory effects [19]. Furthermore, arylsulfonate

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

derivatives have been reported to have potential suppressive effects on reactive oxygen species (ROS) production compared to ibuprofen [20]. So far, many synthetic and natural substances have been investigated as possible tyrosinase inhibitors [21-23]. This study was carried out to investigate the chemical properties of 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate). By this means, we synthesized and characterized 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate derivative using triethylamine (TEA) mediated method. Synthesized 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate was pharmacologically evaluated for its in silico acetylcholine esterase, tyrosinase and pancreatic lipase inhibition effects. Additionally, ADME predictions were calculated to understand the pharmacokinetic behavior properties of 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate compound.

RESULTS AND DISCUSSION

Chemistry

The compound 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate) was synthesized according to an existing method of the previous [24]. The structure of 4-formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate) was characterized using ^{1}H NMR, ^{13}C NMR, and HRMS spectroscopic methods. In the ^{1}H NMR spectrum, the disappearance of the hydroxyl (-OH) peaks in the bis(sulfonate) derivative derived from 2,4-dihydroxybenzaldehyde was observed. This observation indicates that the 4-methylbenzene sulfonyl chloride reagent was bound to 2,4-dihydroxybenzaldehyde. The formyl proton (Ar-CHO) on the benzene ring is 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate) was observed as a singlet at 9.94 ppm in the ^{1}H NMR spectrum of the compound (**Figure 1**). Proton signals originating from the benzene moiety of 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate) (7.86-7.67 (m, 5H), 7.47-7.34 (m, 4H), 7.13-6.92 (m, 2H)) were observed in the aromatic region. Methyl signals of 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate) were observed as a singlet in the aliphatic region at 2.48 (s, 6H) ppm. Briefly, it was seen that the ^{1}H NMR spectrum observations were consistent with the expected proton number of 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate).

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

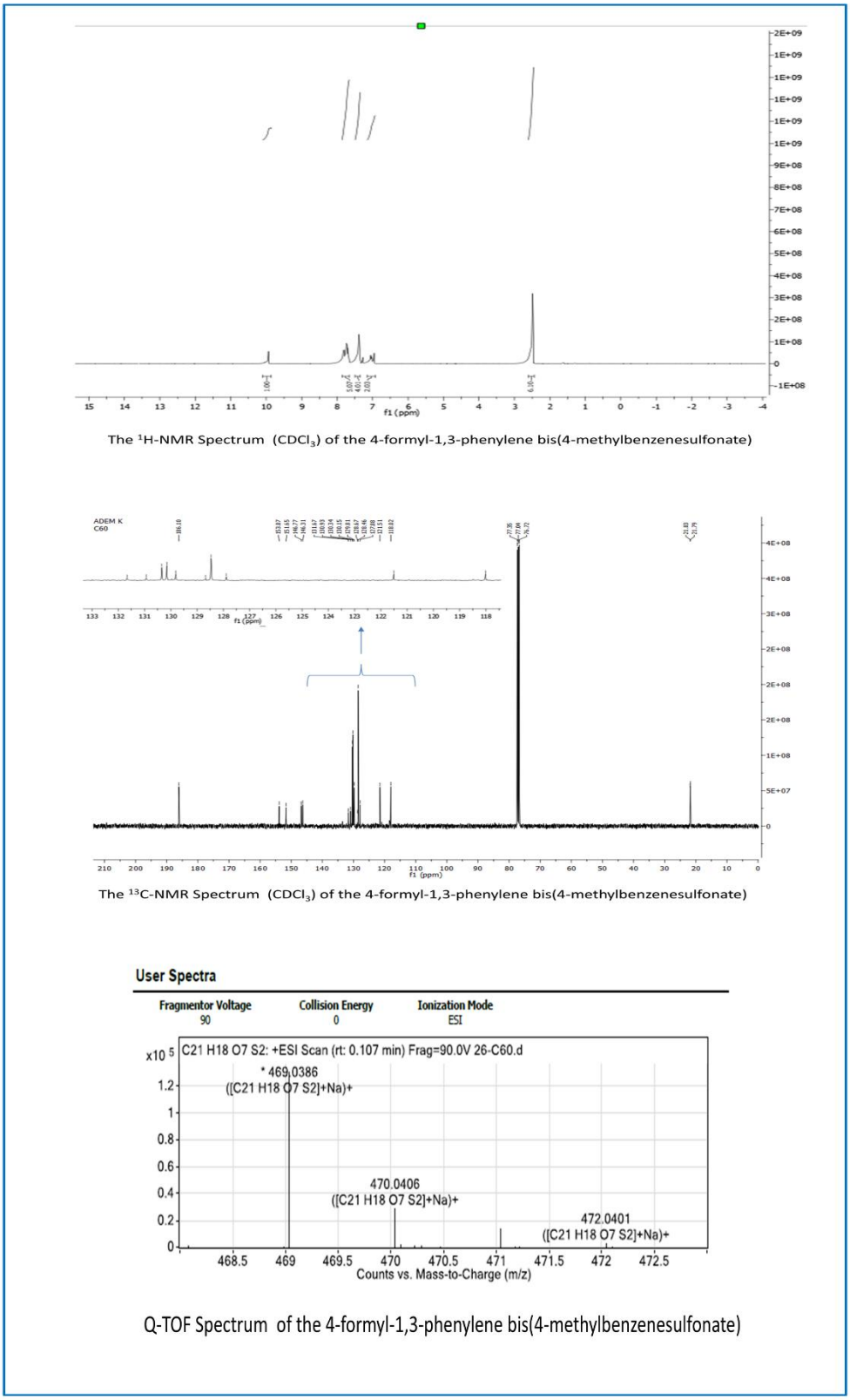


Figure 1. ^{1}H NMR, ^{13}C NMR, and HRMS spectrum of 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate)

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

The ^{13}C NMR signals of 4-formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate) were clearly defined, and chemical shifts were observed in the spectra. The formyl carbon (ArCHO) signal of 4-formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate) was measured at 186.1 ppm, as expected. Additionally, the expected aromatic carbon signals of 4-formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate) were 153.8, 151.6, 146.7, 146.3, 131.6, 130.9, 130.3, 130.1, 129.8, 128.6, 128.4, 127.8, 121.5, 118.0 were observed. The expected aliphatic two methyl carbon signals of 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate) compound were recorded at 21.8, and 21.7 ppm.

Molecular docking study

The X-ray crystal structures of pancreatic lipase (PDB ID:1ETH) and tyrosinase (PDB ID:2Y9W) were supplied from the Protein Data Bank. It was evaluated the effect of inhibitory activities for 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate on acetylcholine esterase, pancratic lipase and tyrosinase. Molecular docking analyses of 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate with acetylcholine esterase, tyrosinase and pancreatic lipase were performed by *İn silico* Method. The 2D-structure poses and the best interaction poses of the 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate ligand with acetylcholine esterase, pacreatic lipase and tyrosinase were shown in **Figure 2**.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

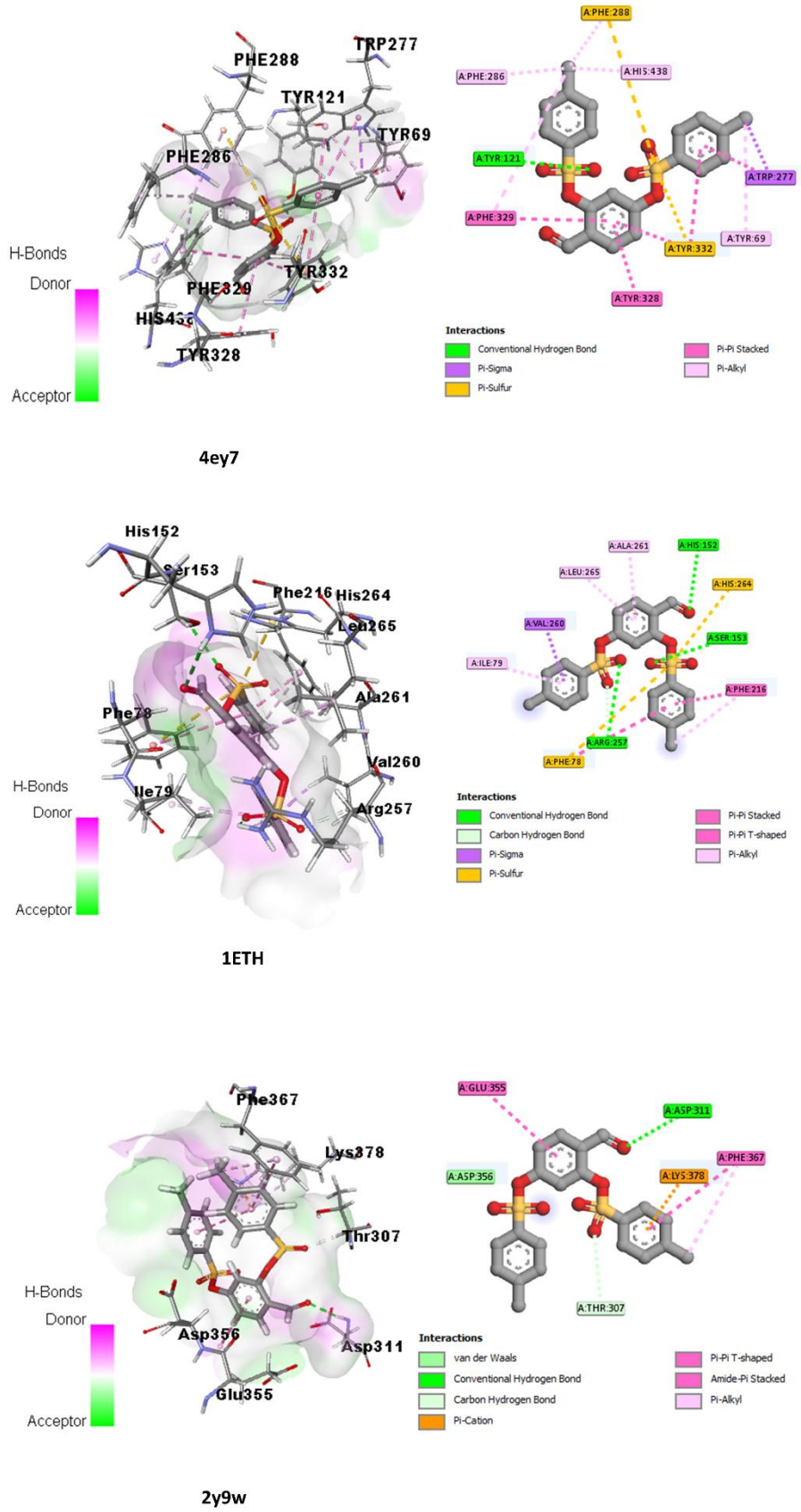


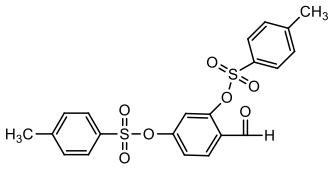
Figure 2. The best interaction poses and 2D-structure poses of the 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate with acetylcholine esterase, tyrosinase and pancreatic lipase

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

The high affinities of 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate on acetylcholine esterase, pacreatic lipase and tyrosinase were determined with low binding energy -12.4, -9.4, and -6.8 kcal/mol, respectively. According to the results, the higher binding affinities of the 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate than standards (donepezil, orlistat and kojic acid) were detected for the acetylcholine esterase, pacreatic lipase and tyrosinase.

The interactions between the compound 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate) and tyrosinase were observed to show Conventional Hydrogen Bond, Carbon Hydrogen Bond, Pi-Cation, Pi-Pi T-shaped, Amide-Pi stacked and Pi-Alkyl. Conventional hydrogen bond interaction (ASP A:311) and carbon-hydrogen bond (THR A:307) were detected as hydrogen bonds. Pi-Pi T-shaped interaction (PHE A:367), Amide-Pi stacked (GLU A:355) and π-alkyl interactions (PHE A:367 and LYS A:378) were detected as hydrophobic effect, and π-cation interaction (LYS A:378) was detected as electrostatic effect (Table 1).

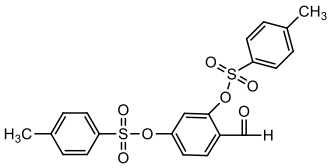
Table 1. Molecular docking data of tyrosinase

Entry	Binding Affinity (kcal/mol)	Type of Interaction	Residue Information	Distance
	-6.8	Conventional Hydrogen Bond	ASP A:311	2.72074
		Carbon Hydrogen Bond	THR A:307	2.10156
		Pi-Cation	LYS A:378	2.37002
		Pi-Pi T-shaped	PHE A:367	5.22396
		Amide-Pi stacked	GLU A:355	4.69277
		Pi-Alkyl	PHE A:367	4.74616
		Pi-Alkyl	LYS A:378	4.97710
Kojic acid	-5.7	Conventional Hydrogen Bond	HIS A:258	2,47808
		Conventional Hydrogen Bond	HIS A:295	2,06169
		Carbon Hydrogen Bond	HIS A:258	2,73988
		Carbon Hydrogen Bond	ASN A:259	2,6187
		Pi-sigma	VAL A:282	2,90426
		Pi-Pi-stacked	HIS A:262	3,70291
		Pi-Alkyl	ALA A:285	5,22488

The compound 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate, in its interaction with the acetylcholinesterase enzyme, Conventional Hydrogen Bond (TYR A:121), Pi-Sigma (TRP A:277), Pi-Sulfur (PHE A:288 and TYR A:332), Pi-Pi-Stacked (TRP A:277, TYR). A:328, PHE A:329, and TYR A:332), and Pi-Alkyl (TYR A:69, TRP A:277, PHE A:286, PHE A:288, PHE A:329, and HIS A:438). The compound 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate) is used as a Conventional Hydrogen Bond (TYR) compound like the standard compound Donepezil. A:121), Pi-Pi-Stacked (TRP A:277), and Pi-Alkyl (TYR A:69 and TRP A:277) (Table 2).

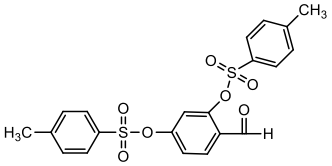
ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Table 2. Molecular docking data of acetylcholinesterase

Entry	Binding Affinity (kcal/mol)	Type of Interaction	Residue Information	Distance
	-12.4	Conventional Hydrogen Bond	TYR A:121	2.28936
		Pi-Sigma	TRP A:277	3.80136
		Pi-Sulfur	PHE A:288	5.80200
		Pi-Sulfur	TYR A:332	4.26292
		Pi-Pi-Stacked	TRP A:277	3.99278
		Pi-Pi-Stacked	TYR A:328	4.38937
		Pi-Pi-Stacked	PHE A:329	5.07632
		Pi-Pi-Stacked	TYR A:332	4.45033
		Pi-Alkyl	TYR A:69	4.51867
		Pi-Alkyl	TRP A:277	3.98027
		Pi-Alkyl	PHE A:286	4.45203
		Pi-Alkyl	PHE A:288	4.87662
		Pi-Alkyl	PHE A:329	4.96720
		Pi-Alkyl	HIS A:438	4.46121
Donepezil	-11.6	Attractive Charge	ASP A:71	5,1227
		Conventional Hydrogen Bond	PHE A:286	1,86817
		Conventional Hydrogen Bond	TYR A:121	2,32245
		Carbon Hydrogen Bond	PHE A:286	3,09344
		Carbon Hydrogen Bond	SER A:284	3,00286
		Pi-Sigma	TYR A:332	2,68425
		Pi-Pi-Stacked	TRP A:83	3,73127
		Pi-Pi-Stacked	TRP A:277	3,97075
		Pi-Pi-Stacked	TYR A:332	5,13264
		Pi-Pi-Stacked	HIS A:438	5,56369
		Alkyl	LEU A:280	5,31446
		Pi-Alkyl	TYR A:69	4,82065
		Pi-Alkyl	TRP A:277	3,60275

The interaction on pancreatic lipase enzyme of compound 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate) was identified as Conventional Hydrogen Bond (HIS A:311). A:152, SER A:153, and ARG A:257), Carbon Hydrogen Bond (ARG A:257), Pi-Sigma (VAL A:260), Pi-Sulfur (PHE A:78 and HIS A:264), Pi-Pi Stacked (PHE A:216), Pi-Pi T-shaped (PHE A:78), and Pi-Alkyl (PHE A:216, ALA A:261, LEU A:265, and ILE A:79). 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate) exhibited conventional carbon-hydrogen bond interactions (HIS A:152, and SER A:153), and π-alkyl interactions (PHE A:216) like the standard compound Orlistat (Table 3).

Table 3. Molecular docking data of pancreatic lipase

Entry	Binding Affinity (kcal/mol)	Type of Interaction	Residue Information	Distance
	-9.4	Conventional Hydrogen Bond	HIS A:152	2.91368
		Conventional Hydrogen Bond	SER A:153	2.5049
		Conventional Hydrogen Bond	ARG A:257	2.8088
		Carbon Hydrogen Bond	ARG A:257	2.42104
		Pi-Sigma	VAL A:260	2.52699
		Pi-Sulfur	PHE A:78	5.95999
		Pi-Sulfur	HIS A:264	4.05519
		Pi-Pi Stacked	PHE A:216	3.74498
		Pi-Pi T-shaped	PHE A:78	5.30827
		Pi-Alkyl	PHE A:216	5.00335
		Pi-Alkyl	ALA A:261	4.73697
		Pi-Alkyl	LEU A:265	5.08811
		Pi-Alkyl	ILE A:79	5.15728
Orlistat	-7.1	Conventional Hydrogen Bond	GLY A:77	2,4431
		Conventional Hydrogen Bond	HIS A:152	2,44953
		Conventional Hydrogen Bond	SER A:153	2,35041
		Conventional Hydrogen Bond	ASP A:80	2,39003
		Carbon Hydrogen Bond	HIS A:152	2,72037
		Carbon Hydrogen Bond	HIS A:264	2,74507
		Carbon Hydrogen Bond	PHE A:78	2,83278

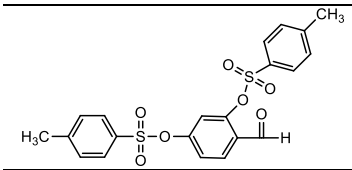
ISBN NR: 978-625-5694-58-4

	Pi-Sigma	PHE A:216	2,9298
	Unfavorable Donor-Donor	ARG A:257	2,4426
	Alkyl	PRO A:181	4,98847
	Alkyl	VAL A:260	4,75674
	Alkyl	ALA A:261	4,9606
	Alkyl	ILE A:79	4,42391
	Alkyl	ARG A:257	4,34402
	Alkyl	LEU A:265	4,83807
	Pi-Alkyl	PHE A:78	5,1711
	Pi-Alkyl	TYR A:115	3,62273
	Pi-Alkyl	PHE A:216	4,93027
	Pi-Alkyl	TRP A:253	4,77044

In silico ADME/pharmacokinetics predictions

The topological polar surface area (TPSA) of the 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate) were observed as 120.57 Å less than 140 Å, meaning that they can easily penetrate cell membranes (Table 4). The consensus lipophilicity ($LogP_{O/W}$) of the 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate) was found to be 4.04 as low Log P value indicate the stronger lipophilicity values. Also, 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate) was observed that the compounds had poorly soluble in water.

Table 4. ADME prediction of the 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate)

Compounds	MW	HBA	HBD	nROTB	TPSA	GI abs	BBB	Consensus Log $P_{o/w}$	Solubility	Lipinski rule
	446.49	7	0	7	120.57	Low	No	4.04	Soluble	Yes

MW: molecular weight; HBA: hydrogen bond acceptor; HBD: hydrogen bond donor; NROTB: number of rotatable bonds; TPSA: topological polar surface area; GI abs: gastrointestinal absorption; BBB: bloodbrain barrier.

Pharmacokinetically, 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate) has been found to be low GI absorption (gastrointestinal absorption). 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate) do not penetrate the BBB. Thereby, it can be suitable for oral administration. In addition, it was observed that the molecular weight of 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate) is less than 500 g/mol, less than five hydrogen bond donors, less than ten hydrogen bond acceptors, and less than ten rotatable bonds, obeying Lipinski's five rules.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

CONCLUSION

4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate was synthesized and characterized. In silico studies were conducted based on the idea that 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate derivatives could be potential candidates as acetylcholine esterase, pancreatic lipase, and tyrosinase inhibitors. 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate) was synthesized using a facile triethylamine-mediated method. The enzyme inhibitory activities of 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate) were determined by the in silico method. Based on the results, 4-Formyl-1,3-phenylene It was observed that bis(4-methylbenzenesulfonate compound had higher binding affinity than the standards (donepezil, orlistat and kojic acid) used for acetylcholine esterase, pancreatic lipase and tyrosinase. The results obtained will support further studies to improve the enzyme inhibition studies of 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate compound.

MATERIAL AND METHOD

Synthesis of 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate

For the synthesis of 4-formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate), 2,4-dihydroxybenzaldehyde (1 mmol), TEA (2 mmol), and DMF (3 mL) were mixed in a 100 mL flask and the reaction was continued in an ice bath. 4-Methylbenzene sulfonyl chloride (2 mmol) was slowly added to the reaction vessel. Thin-layer chromatography (TLC) was used to monitor the synthesis of 4-formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate). At the end of the reaction, water (20 mL) was added to the reaction mixture. The crude product was vacuum filtered. Purified by column (ethyl acetate 1: hexane 6). 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate): (Yield, 52 %), (m.p. 61-62 °C) ^{1}H NMR Spektrum ($CDCl_3$), ppm: 9.94 (s, 1H), 7.86-7.67 (m, 5H), 7.47-7.34 (m, 4H), 7.13-6.92 (m, 2H), 2.48 (s, 6H). ^{13}C NMR Spektrum ($CDCl_3$), (ppm): 186.1 (CHO), 153.8, 151.6, 146.7, 146.3, 131.6, 130.9, 130.3, 130.1, 129.8, 128.6, 128.4, 127.8, 121.5, 118.0, 21.8, 21.7; HRMS (ESI) m/z $[M+Na]^+$ $C_{21}H_{18}O_7S_2$ calculated: 469.049 found:496.038

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Molecular docking

Molecular docking studies using UCSF Chimera and AutoDock Vina were used to demonstrate the interactions of acetylcholine esterase, pancreatic lipase, and tyrosinase with 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate) [25, 26]. Acetylcholine esterase (4ey7), tyrosinase (2Y9W), and pancreatic lipase (1ETH) were downloaded from the Protein Data Bank (PDB). Our published protocol was used for the molecular docking processes [27]. Optimization of the 3D structures was calculated using Avogadro software [28]. Binding pocket coordinates of the compounds were calculated for tyrosinase (Center x,y,z: -1.83, 30.70, 81.89, Dimension x,y,z: 54.39, 56.29, 66.59), acetylcholine esterase (Center x,y,z: -14.20, -43.90, 27.80, Dimension x,y,z: 12.00, 12.00, 12.00), and pancreatic lipase (Center x,y,z: 65.70, 29.90, 119.65, Dimension x,y,z: 67.70, 58.27, 72.40) were used. 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate) compound interactions were visualized using Biovia Discovery Studio Visualizer[29].

ADME study

ADME studies of 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate) were utilized the SwissADME estimator [30].

Author Contribution Statement

Adem Korkmaz has performed the synthesis of 4-Formyl-1,3-phenylene bis(4-methylbenzenesulfonate) and characterized the structure, molecular docking and ADME studies.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank the Eastern Anatolia High Technology Application and Research Center (DAYTAM) for their HRMS analysis.

CONFLICT OF INTEREST

No potential conflict of interest was reported by the authors.

REFERENCES

[1] T. Guo, R. Xia, M. Chen, S. Su, J. He, M. He, H. Wang, W. Xue, Biological activity evaluation and action mechanism of 1, 4-Pentadien-3-one derivatives containing thiophene sulfonate, Phosphorus, Sulfur, Silicon the Related Elements 195(2) (2020) 123-130.
[2] T. Guo, R. Xia, M. Chen, J. He, S. Su, L. Liu, X. Li, W. Xue, Biological activity evaluation and action mechanism of chalcone derivatives containing thiophene sulfonate, RSC advances 9(43) (2019) 24942-24950.
[3] S. R. C, P.K. Kipkemboi, K. Rop, Synthesis, Characterization, and Evaluation of Solution Properties of Sesame Fatty Methyl Ester Sulfonate Surfactant, ACS omega 5(44) (2020) 28643-28655.
[4] A. Irfan, L. Rubab, M.U. Rehman, R. Anjum, S. Ullah, M. Marjana, S. Qadeer, S. Sana, Coumarin sulfonamide derivatives: An emerging class of therapeutic agents, Heterocyclic Communications 26(1) (2020) 46-59.
[5] R. Rondanin, S. Fochi, R. Baruchello, T. Bernardi, P. Oliva, F. Semeraro, D. Simoni, G. Giannini, Arylamidonaphtalene sulfonate compounds as a novel class of heparanase inhibitors, Bioorganic medicinal chemistry letter 27(18) (2017) 4421-4425.
[6] D. Kanabar, P. Farrales, M. Gnanamony, J. Almasri, E.M. Abo-Ali, Y. Otmankel, H. Shah, D. Nguyen, M. El Menyewi, V.V. Dukhande, Structural modification of the aryl sulfonate ester of Cjoc42 for enhanced gankyrin binding and anti-cancer activity, Bioorganic medicinal chemistry letters 30(4) (2020) 126889.
[7] S. Su, Q. Zhou, X. Tang, F. Peng, T. Liu, L. Liu, C. Xie, M. He, W. Xue, Design, synthesis, and antibacterial activity of novel myricetin derivatives containing sulfonate, Monatshefte für Chemie-Chemical Monthly 152(3) (2021) 345-356.
[8] B.V. Kendre, M.G. Landge, S.R. Bhusare, Synthesis and biological evaluation of some novel pyrazole, isoxazole, benzoxazepine, benzothiazepine and benzodiazepine derivatives bearing an aryl sulfonate moiety as antimicrobial and anti-inflammatory agents, Arabian Journal of Chemistry 12(8) (2019) 2091-2097.
[9] G.-Q. Chen, D. Sun, J.-M. Yang, S. Zhang, Y.-E. Tian, Z.-P. Che, S.-M. Liu, J. Jiang, X.-M. Lin, Synthesis of sulfonate derivatives of carvacrol and thymol as anti-oomycetes agents, Journal of Asian natural products research 23(7) (2021) 692-702.
[10] A. Amr, M. Abdalla, S. Essaouy, M. Areef, M. Elgamal, T. Nassear, A. Haschich, Synthesis of some substituted 6, 7-dihydro-4-methoxy-7-methyl-7-substituted-5-oxo-5 H-furo [3, 2-g] chromene-9-sulfonate derivatives as potent antihypertensive α-blocking and antiarrythmic agents, Russian Journal of General Chemistry 87(8) (2017) 1826-1833.
[11] A. Amr, M. Abdalla, S. Essaouy, M. Areef, M. Elgamal, T. Nassear, A. Haschich, M. Al-Omar, Synthesis of some substituted 5 H-furo [3, 2-g] chromene and benzofuran sulfonate derivatives as potent anti-HIV agents, Russian Journal of General Chemistry 87(7) (2017) 1591-1600.
[12] B. Aneja, M. Azam, S. Alam, A. Perwez, R. Maguire, U. Yadava, K. Kavanagh, C.G. Daniliuc, M.M.A. Rizvi, Q.M.R. Haq, Natural product-based 1, 2, 3-triazole/sulfonate analogues as potential chemotherapeutic agents for bacterial infections, ACS omega 3(6) (2018) 6912-6930.
[13] M.H. Semreen, M.I. El-Gamal, S. Ullah, S. Jalil, S. Zaib, H.S. Anbar, J. Lecka, J. Sevigny, J. Iqbal, Synthesis, biological evaluation, and molecular docking study of sulfonate derivatives as nucleotide pyrophosphatase/phosphodiesterase (NPP) inhibitors, Bioorganic medicinal chemistry 27(13) (2019) 2741-2752.
[14] H.S. Anbar, R. El-Gamal, S. Ullah, S.-O. Zaraei, M. Al-Rashida, S. Zaib, J. Pelletier, J. Sévigny, J. Iqbal, M.I. El-Gamal, Evaluation of sulfonate and sulfamate derivatives possessing

benzofuran or benzothiophene nucleus as inhibitors of nucleotide pyrophosphatases/phosphodiesterases and anticancer agents, Bioorganic Chemistry 104 (2020) 104305.
[15] M.I. El-Gamal, S. Ullah, S.-O. Zaraei, S. Jalil, S. Zaib, D.M. Zaher, H.A. Omar, H.S. Anbar, J. Pelletier, J. Sevigny, Synthesis, biological evaluation, and docking studies of new raloxifene sulfonate or sulfamate derivatives as inhibitors of nucleotide pyrophosphatase/phosphodiesterase, European journal of medicinal chemistry 181 (2019) 111560.
[16] H. Ahmad, S. Ullah, F. Rahman, A. Saeed, J. Pelletier, J. Sévigny, A. Hassan, J. Iqbal, Synthesis of biphenyl oxazole derivatives via Suzuki coupling and biological evaluations as nucleotide pyrophosphatase/phosphodiesterase-1 and-3 inhibitors, European Journal of Medicinal Chemistry 208 (2020) 112759.
[17] S. Ullah, M.I. El-Gamal, S. Zaib, H.S. Anbar, S.-O. Zaraei, R.M. Sbenati, J. Pelletier, J. Sévigny, C.-H. Oh, J. Iqbal, Synthesis, biological evaluation, and docking studies of new pyrazole-based thiourea and sulfonamide derivatives as inhibitors of nucleotide pyrophosphatase/phosphodiesterase, Bioorganic chemistry 99 (2020) 103783.
[18] U. Salar, K.M. Khan, J. Iqbal, S.A. Ejaz, A. Hameed, M. Al-Rashida, S. Perveen, M.N. Tahir, Coumarin sulfonates: new alkaline phosphatase inhibitors; in vitro and in silico studies, European journal of medicinal chemistry 131 (2017) 29-47.
[19] J.-l. Shu, X.-z. Zhang, L. Han, F. Zhang, Y.-j. Wu, X.-y. Tang, C. Wang, Y. Tai, Q.-t. Wang, J.-y. Chen, Paeoniflorin-6′-O-benzene sulfonate alleviates collagen-induced arthritis in mice by downregulating BAFF-TRAF2-NF-κB signaling: comparison with biological agents, Acta Pharmacologica Sinica 40(6) (2019) 801-813.
[20] U. Salar, K.M. Khan, A. Jabeen, A. Faheem, M.I. Fakhri, S.M. Saad, S. Perveen, M. Taha, A. Hameed, Coumarin sulfonates: As potential leads for ROS inhibition, Bioorganic chemistry 69 (2016) 37-47.
[21] Z. Peng, G. Wang, Q.-H. Zeng, Y. Li, Y. Wu, H. Liu, J.J. Wang, Y. Zhao, Synthesis, antioxidant and anti-tyrosinase activity of 1, 2, 4-triazole hydrazones as antibrowning agents, Food Chemistry 341 (2021) 128265.
[22] X. Song, M. Ni, Y. Zhang, G. Zhang, J. Pan, D. Gong, Comparing the inhibitory abilities of epigallocatechin-3-gallate and gallocatechin gallate against tyrosinase and their combined effects with kojic acid, Food Chemistry 349 (2021) 129172.
[23] B.-H. Kim, K.C. Park, J.H. Park, C.G. Lee, S.-K. Ye, J.Y. Park, Inhibition of tyrosinase activity and melanin production by the chalcone derivative 1-(2-cyclohexylmethoxy-6-hydroxy-phenyl)-3-(4-hydroxymethyl-phenyl)-propenone, Biochemical biophysical research communications 480(4) (2016) 648-654.
[24] Korkmaz, A., & Bursal, E. (2022). An in vitro and in silico study on the synthesis and characterization of novel bis (sulfonate) derivatives as tyrosinase and pancreatic lipase inhibitors. *Journal of Molecular Structure*, *1259*, 132734.
[25] O. Trott, A. Olson, AutoDock Vina: Improving the speed and accuracy of docking with a new scoring function, efficient optimization, and multithreading, Journal of computational chemistry (2009).
[26] E.F. Pettersen, T.D. Goddard, C.C. Huang, G.S. Couch, D.M. Greenblatt, E.C. Meng, T.E. Ferrin, UCSF Chimera—a visualization system for exploratory research and analysis, Journal of computational chemistry 25(13) (2004) 1605-1612.
[27] A. Korkmaz, E. Bursal, Benzothiazole Sulfonate Derivatives Bearing Azomethine: Synthesis, Characterization, Enzyme Inhibition, and Molecular Docking Study. Journal of Molecular Structure, 1257 (2022) 132641.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

[28] M.D. Hanwell, D.E. Curtis, D.C. Lonie, T. Vandermeersch, E. Zurek, G.R. Hutchison, Avogadro: an advanced semantic chemical editor, visualization, and analysis platform, Journal of cheminformatics 4(1) (2012) 1-17.
[29] D.S. Biovia, Discovery studio visualizer, San Diego, CA, USA 936 (2017).
[30] A. Daina O. Michielin V. Zoete SwissADME: a free web tool to evaluate pharmacokinetics, drug-likeness and medicinal chemistry friendliness of small molecules. Scientific Reports 7 (2017) 42717.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

N'-(PİRİDİN-2-İLMETİLEN)NİKOTİNHİDRAZİT VE BAKIR KOMPLEKSİNİN MOLEKÜLER YERLEŞTİRME YOLUYLA KARŞILAŞTIRMALI DNA BAĞLANMA PROFİLLERİ

Ömer Aydoğdu, Azer Özen, Füreya Elif Öztürkkan

Kafkas Üniversitesi, Kimya Bölümü, Kars, 36100, Türkiye

omer.aydogdu@hotmail.com,

https://orcid.org/0000-0002-8696-2731

Kafkas Üniversitesi, Kimya Bölümü, Kars, 36100, Türkiye

ozenazer4@gmail.com,

https://orcid.org/0000-0002-8043-5391

Kafkas Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Kars, 36100, Türkiye

E-posta: fozturkkan36@gmail.com

ORCID: http://orcid.org/0000-0001-6376-4161

ÖZET

Bu çalışmada, N'-(Piridin-2-ilmetilen)nikotinhidrazit (ligand) ve onun bakır kompleksi (kompleks) ile DNA arasındaki bağlanma davranışları moleküler docking yöntemi kullanılarak karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Her iki bileşiğin DNA çift sarmalına karşı bağlanma afiniteleri, bağlanma enerjileri ve etkileşim türleri değerlendirilmiştir. Sonuçlar, ligandın -7.9 kcal/mol bağlanma enerjisi ile çoğunlukla konvansiyonel hidrojen bağları üzerinden etkileşim kurduğunu göstermektedir. Buna karşılık, bakır(II) kompleksinin daha yüksek bağlanma afinitesi (-8.2 kcal/mol) sergilediği ve hidrojen bağlarına ek olarak metal–acceptor, π-anion ve π–σ hidrofobik etkileşimler oluşturduğu belirlenmiştir. Bu çeşitlilik, kompleksin DNA'ya daha güçlü ve çok yönlü bir bağlanma profiline sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bulgular, metal kompleksleştirilmesinin DNA hedeflenebilirliğini artırabileceğini ve kompleksin potansiyel biyolojik aktivitesinin ligand formuna göre daha yüksek olabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Bakır Kompleks, N'-(Piridin-2-ilmetilen)nikotinhidrazit, Moleküler Docking.

COMPARATİVE DNA-BİNDİNG PROFİLES OF N'-(PYRİDİN-2-YLMETHYLENE)NİCOTİNOHYDRAZİDE AND ITS COPPER COMPLEX VİA MOLECULAR DOCKİNG

ABSTRACT

In this study, the binding behaviors of N'-(Pyridin-2-ylmethylene)nicotinhydrazide and its copper complex with DNA were comparatively investigated using the molecular docking

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

method. The binding affinities, binding energies, and interaction types of both compounds towards the DNA double helix were evaluated. The results show that the ligand interacts mostly through conventional hydrogen bonds, with a binding energy of -7.9 kcal/mol. In contrast, the copper(II) complex exhibited a higher binding affinity (-8.2 kcal/mol) and formed metal–acceptor, π–anion, and π–σ hydrophobic interactions in addition to hydrogen bonds. This diversity suggests that the complex has a stronger and more versatile binding profile to DNA. The findings suggest that metal complexation can increase DNA targetability and that the potential biological activity of the complex may be higher than that of the ligand form.

Keywords: Copper Complex, N'-(Pyridin-2-ylmethylene)nicotinhydrazide, Molecular Docking.

1. GİRİŞ

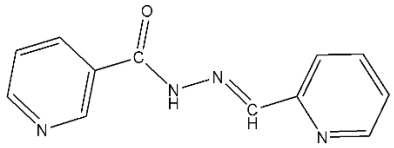
Schiff bazları, iminler veya azometinler olarak da bilinirler, birincil aminlerin karbonil bileşikleriyle kondenzasyonu sonucu oluşan organik bileşiklerdir. C=N bağının varlığıyla karakterize edilen benzersiz yapıları, özellikle bakır(II) gibi geçiş metalleriyle koordinasyon kimyasında çok yönlü ligandlar olarak hareket etmelerini sağlar (Zoubi, 2013; Patel ve ark., 2016). Schiff bazlarının metal kompleksleri, özellikle bakır kompleksleri serbest ligandlara kıyasla, antibakteriyel, antifungal, antiviral ve antikanser özellikler de dahil olmak üzere umut verici biyolojik aktiviteleri nedeniyle ilgi çekmektedir (Zoubi, 2013; Patel ve ark., 2016). Araştırmalar, Schiff bazlarının bakır(II) komplekslerinin, serbest ligandlarına kıyasla biyolojik aktivitede sinerjik bir artış gösterebileceğini vurgulamaktadır. Örneğin, Koňariková vd., salisilaldehit türevi bakır(II) Schiff bazı komplekslerinin önemli antiproliferatif ve antioksidan aktivitelere sahip olduğunu göstermiştir (Koňariková vd., 2016). Ayrıca, çalışmalar, imin gruplarının bakıra koordinasyonunun yalnızca stabilize etmekle kalmayıp, Kompleksi güçlendirmekle kalmaz, aynı zamanda ligandların biyolojik aktivitelerini de artırır (Hamad ve Hussein, 2020; Koňariková ve ark., 2016). Ayrıca, birçok çalışmada, Schiff baz komplekslerinin biyolojinin ötesindeki çeşitli uygulamalarını vurgulamıştır. Bu bileşikler sadece biyolojik özellikleri değil, kataliz, polimer stabilizasyonu ve çevresel uygulamalar gibi fiziksel uygulamalardaki potansiyelleri nedeniyle de araştırılmaktadır. (More ve ark., 2019; Abu-Dief ve Mohamed, 2015). Çok işlevlilikleri, terapötik ajanlar ve endüstriyel katalizörler olarak daha fazla geliştirilme potansiyellerine işaret etmektedir.

Özetle, Schiff bazlarının bakır(II) kompleksleri, hem biyolojik hem de endüstriyel uygulamalar için kapsamlı etkileri olan, devam eden önemli bir araştırma alanını temsil etmektedir. Kanser hücrelerinde apoptozu indükleme, mikrobiyal büyümeyi engelleme ve etkili katalizörler olarak hareket etme kapasitelerinin gösterilmesi, koordinasyon kimyasının bu umut verici alanında sürekli araştırmaya olan ihtiyacı vurgulamaktadır. Bu çalışmada daha önce yapısı araştırma ekibimiz tarafından aydınlatılmış olan N'-(Piridin-2-ilmetilen)nikotinhidrazit ve onun bakır kompleksinin ile DNA arasındaki bağlanma davranışları Moleküler docking yöntemi incelenmiştir.

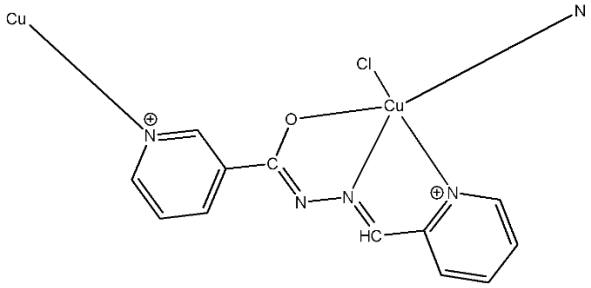
2. MATERYAL VE METOT

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

N'-(Piridin-2-ilmetilen)nikotinhidrazit ve onun bakır kompleksinin yapıları Görsel 1'de verilmiştir. Bileşiklerin optimizasyonu için cif uzantılı dosyaları kullanılmış ve Avogadro yazılımı kullanılmıştır. DNA'nın pdb uzantılı dosyası RCS Protein Data Bank'tan (http://www.rcsb.org/pdb) indirilmiştir ve ön işlemler AutoDockTools-1.5.6 yazılımı yardımıyla yapılmıştır. N'-(Piridin-2-ilmetilen)nikotinhidrazit ve onun bakır kompleksinin DNA'nın (PDB (ID: 1BNA) aktif bölgesine moleküler kenetlenme (docking) işlemleri AutoDock Vina (Trott ve Olson, 2010) yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Moleküler docking çalışmalarının görselleştirilmesi işlemleri Discovery Studio 2021 Client (BIOVIA, 2021) yazılımı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir.



N'-(Piridin-2-ilmetilen)nikotinhidrazit



katena-poli[N'-(pikolinilpiridin-3-karbohidrazonat)bakır(II)

Görsel 1. N'-(Piridin-2-ilmetilen)nikotinhidrazit ve onun bakır kompleksinin yapısı

3. BULGULAR

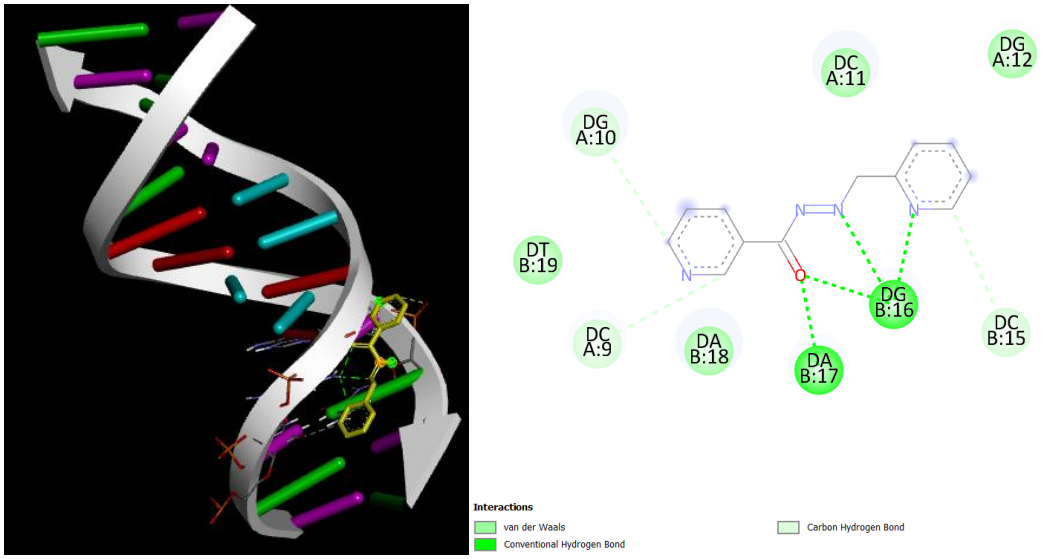
Moleküler Docking çalışmaları, serbest ligand ve Cu(II) kompleksi ile DNA çift sarmalı arasındaki bağlanma enerjileri, etkileşim türleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Ligand-DNA Etkileşimleri

Serbest ligand, DNA'ya karşı orta düzeyde bir bağlanma afinitesi gösteren -7,9 kcal/mol'lük bir bağlanma skoru sergilemiştir. Etkileşim profili, ligand-DNA kompleksindeki birincil dengeleyici kuvvetleri oluşturan geleneksel hidrojen bağları açısından baskındır. DG16 ile üç hidrojen bağı gözlemlenmiştir ve bağ uzunlukları 2,17 ila 2,48 Å arasında değişmekte olup, güçlü ve yönlü hidrojen bağı için optimum aralıkta yer almaktadır. DA17 ile 2,06 Å'lik ek bir hidrojen bağı, ligand için gözlemlenen en kısa ve en güçlü polar etkileşimi temsil etmektedir. Ligand, klasik hidrojen bağına ek olarak DC15, DC9 ve DG10 ile karbon hidrojen bağı da oluşturmuştur. Bu temaslar, geleneksel hidrojen bağlarından daha zayıf olsa da, ligandın DNA minör oluğuna yerleşmesine katkıda bulunur. 3,6-3,8 Å aralığındaki bağ mesafeleri, minör oluk bağlayıcı ligandlarda yaygın olarak gözlenen C–H···O ve C–H···N etkileşimleri için tipiktir (Görsel 2).

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Genel olarak değerlendirildiğinde, ligand DNA'ya esas olarak purin ve pirimidin bazlarıyla polar temaslar yoluyla bağlanır ve önemli hidrofobik veya π bazlı etkileşimler içermez. Bu sınırlı etkileşim çeşitliliği, orta düzeydeki kenetlenme puanını açıklar ve π istiflenmesi veya elektrostatik tamamlayıcılıktan ziyade büyük ölçüde yönlü hidrojen bağı tarafından yönlendirilen bir bağlanma modunu önerir.

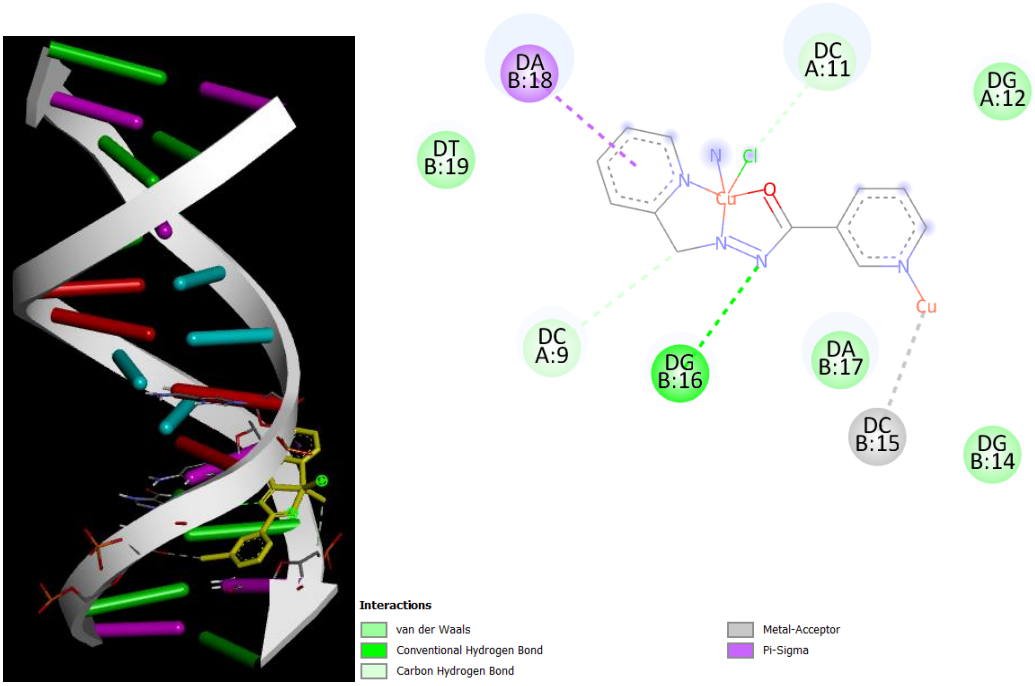


Görsel 2. N'-(Piridin-2-ilmetilen)nikotinhidrazit bileşiğinin DNA'nın aktif bölgesine Moleküler kenetlenmesi (solda) ve N'-(Piridin-2-ilmetilen)nikotinhidrazit bileşiğinin DNA'nın aktif bölgesine Moleküler kenetlenmesi sonucu oluşan etkileşimlerin iki boyutlu gösterimi (sağda).

Cu(II) Kompleksi-DNA Etkileşimleri

Cu(II) kompleksi, -8,2 kcal/mol'lük bir kenetlenme puanıyla daha yüksek bir bağlanma afinitesi sergileyerek DNA ile daha kararlı ve enerjik açıdan daha uygun bir etkileşimi yansıtır. Kompleks, DG16 (2,30 Å) ile klasik bir hidrojen bağı oluşturma yeteneğini korurken, aynı zamanda serbest ligandın erişemediği daha geniş ve daha çeşitli bir etkileşim kümesi de sergilemektedir. En önemli temaslardan biri, 2,85 Å'lik bir bağ uzunluğu ile gözlemlenen DC15 ile gözlenen metal-akseptör etkileşimidir. Ayrıca kompleks, DG10 (4,27 Å) ile π-anyon etkileşimleri oluşmaktadır; bu da kompleksin aromatik bölgelerinin negatif yüklü fosfat grupları veya elektron bakımından zengin baz atomlarıyla elektrostatik çekimlere girdiğini düşündürmektedir. Bu tür etkileşimler, kompleksin DNA oluğu içinde stabilize olmasına önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. DA18 (3,45 Å) ile π–σ hidrofobik etkileşimi, serbest ligandın tamamen yoksun olduğu polar olmayan bir dengeleyici bileşen ekleyerek bağlanma afinitesini daha da güçlendirir. Bu, kompleksin aromatik bölgesi ile nükleobaz ortamı arasında artan yüzey tamamlayıcılığını ve hidrofobik paketlemeyi yansıtmaktadır. Bu etkileşim çeşitliliği (hidrojen bağı, metal merkezli etkileşimler, elektrostatik π–anyon kuvvetleri ve hidrofobik π–σ temasları) varlığı, Cu(II) kompleksinin DNA ile çok yönlü bir bağlanma stratejisi aracılığıyla etkileşime girdiğini göstermektedir (Görsel 2). Bu çeşitlilik, bağlanma enerjisinin serbest liganda kıyasla yüksek oluşunu da açıklamakta ve DNA oluğu içinde daha güçlü ve daha sağlam bir bağlanma konfigürasyonuna işaret eder.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4



Görsel 3. N'-(Piridin-2-ilmetilen)nikotinhidrazitin bakır kompleksinin DNA'nın aktif bölgesine Moleküler kenetlenmesi (solda) ve N'-(Piridin-2-ilmetilen)nikotinhidrazitin bakır kompleksinin DNA'nın aktif bölgesine Moleküler kenetlenmesi sonucu oluşan etkileşimlerin iki boyutlu gösterimi (sağda).

Çizelge 1. N'-(Piridin-2-ilmetilen)nikotinhidrazit ve onun bakır kompleksinin DNA'nın aktif bölgesine kenetlenmesine ilişkin detaylar.

Bileşik	**Bağlanma Enerjisi**	**Bağ Uzunluğu (Å)**	**Etkileşim Kategorisi**	**Etkileşim Türü**	**Etkileşen DNA Bazı**
Ligand	-7,9 kcal/mol	2,41	Hidrojen bağı	Geleneksel hidrojen bağı	DG16
		2,17	Hidrojen bağı	Geleneksel hidrojen bağı	DG16
		2,48	Hidrojen bağı	Geleneksel hidrojen bağı	DG16
		2,06	Hidrojen bağı	Geleneksel hidrojen bağı	DA17
		3,79	Hidrojen bağı	Karbon hidrojen bağı	DC15
		3,64	Hidrojen bağı	Karbon hidrojen bağı	DC9
		3,77	Hidrojen bağı	Karbon hidrojen bağı	GD10
Bakır Kompleksi	-8,2 kcal/mol	2,30	Hidrojen bağı	Geleneksel hidrojen bağı	DG16
		3,32	Hidrojen bağı	Karbon hidrojen bağı	DC9
		3,45	Hidrojen bağı	Karbon hidrojen bağı	DC11
		2,85	Diğer	Metal-Akseptör	DC15
		4,26	Elektrostatik	Pi-Anyon	DG10
		3,45	Hidrofobik	Pi-Sigma	DA18

SONUÇ

Moleküler yerleştirme analizleri, serbest ligand ve Cu(II) kompleksinin DNA bağlanma davranışlarında belirgin farklılıklar ortaya koymuştur. Ligand, DNA ile öncelikli olarak geleneksel hidrojen bağları aracılığıyla etkileşime girerek orta düzeyde bir bağlanma afinitesi sağlar. Buna karşılık, Cu(II)

kompleksi daha güçlü bir bağlanma enerjisi ve metal-akseptör, π-anyon ve hidrofobik π-σ temasları dahil olmak üzere daha çeşitli bir etkileşim profili sergiler. Bu ek etkileşimler, kompleksin DNA bağlanma bölgesindeki kararlılığını ve tamamlayıcılığını önemli ölçüde artırır. Genel olarak, sonuçlar Cu(II) ile koordinasyonun ligandın hem DNA'ya olan afinitesini hem de etkileşim çok yönlülüğünü artırdığını göstermektedir. Bu durum, metal kompleksinin serbest liganda kıyasla üstün biyolojik aktiviteye ve DNA hedefli uygulamalar için daha yüksek bir potansiyele sahip olabileceğini düşündürmektedir.

Kaynaklar

Abu-Dief, A. M. and Mohamed, I. M. A review on versatile applications of transition metal complexes incorporating schiff bases. Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences, 4(2), 119-133. https://doi.org/10.1016/j.bjbas.2015.05.004 (2015).

BIOVIA, Dassault Systèmes, BIOVA Discovery Studio Visualizer 2021, v21.1.0.20298, San Diego: Dassault Systèmes, 2021.

Hamad, M. N. M. and Hussein, M. B. Synthesis and antibacterial activity of 3-nitrobenzaldehyde semicarbazone ligand and its ni (ii) and cu (ii) complexes. Journal of Microbiology & Experimentation, 8(5), 163-165. https://doi.org/10.15406/jmen.2020.08.00302 (2020).

Koňariková, K., Perdikaris, G. A., Gbelcová, H., Andrezálová, L., Švéda, M., Ruml, T., … & Žitňanová, I. Effect of schiff base cu(ii) complexes on signaling pathways in ht-29 cells. Molecular Medicine Reports, 14(5), 4436-4444. https://doi.org/10.3892/mmr.2016.5739 (2016).

More, M., Joshi, P. G., Mishra, Y. K., & Khanna, P. K. Metal complexes driven from schiff bases and semicarbazones for biomedical and allied applications: a review. Materials Today Chemistry, 14, 100195. https://doi.org/10.1016/j.mtchem.2019.100195 (2019).

Patel, R. N., Singh, Y., Singh, Y. P., Butcher, R. J., Kamal, A., & Tripathi, I. P. Copper(ii) and nickel(ii) complexes with n′-[(z)-phenyl(pyridin-2-yl)methylidene]acetohydrazide: synthesis, crystal structures, dft calculations and antioxidant effects. Polyhedron, 117, 20-34. https://doi.org/10.1016/j.poly.2016.05.036 (2016).

Zoubi, W. A. Biological activities of schiff bases and their complexes: a review of recent works. International Journal of Organic Chemistry, 03(03), 73-95. https://doi.org/10.4236/ijoc.2013.33a008 (2013).

Trott, O., Olson, A.J. AutoDock Vina: Improving the speed and accuracy of docking with a new scoring function, efficient optimization, and multithreading. J Comput Chem 31, 455–461. https://doi.org/10.1002/jcc.21334 (2010).

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

SIĞIR DERİSİNİN DAYANIKLILIK VE ESTETİK ÖMRÜNE ÇEVRESEL FAKTÖRLERİN ETKİSİ: MEKANİZMALAR VE KORUMA STRATEJİLERİ

Öğr. Gör. ERTAN EROL
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Meslek Yüksekokulu
eerol@nku.edu.tr - 0000-0002-2595-9387

Dr. Öğr. Üyesi HATİCE ER
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Meslek Yüksekokulu
her@nku.edu.tr- 0000-0003-2125-7406

ÖZET

Bu derleme, doğal ve antropojenik çevresel faktörlerin (sıcaklık, nem, ultraviyole (UV) radyasyon ve atmosferik kirleticiler (SO2, NOx, O3, asidik birikim) sığır derisinin yapısal, kimyasal, mekanik ve yüzey özelliklerini nasıl etkilediğine dair bilimsel anlayışı (2024 yılına kadar) sentezlemektedir. Sığır derisi yapısına ve temel deri özelliklerini belirleyen yaygın tabaklama işlemlerine kısa bir genel bakışın ardından, makale bozunma mekanizmalarını (termal denatürasyon, hidroliz, fotodegradasyon, oksidatif ve asit saldırısı) analiz etmekte ve mekanizmaları ölçülebilir sonuçlara (çekme mukavemeti, yırtılma direnci, esneklik, aşınma direnci, renk solması/kayması, pH değişiklikleri, krom türleşmesi, yüzey gevrekleşmesi) bağlamaktadır. Bozunmayı değerlendirmek için laboratuvar ve saha yaklaşımlarını özetlemekte, hızlandırılmış yaşlandırma test paradigmalarını ve analitik yöntemlerini açıklamakta, iklim bölgeleri (kıyı, kurak, endüstriyel/kentsel) arasında olası performansı karşılaştırmakta ve üretim, terbiye ve tüketici bakımı alanlarındaki azaltma stratejilerini incelemektedir. İnceleme, endüstriyel testler, terbiye seçimi, farklı iklimler için ürün spesifikasyonları ve standartlaştırılmış hızlandırılmış yaşlandırma protokolleri, moleküler-makroskobik ölçekte mekanik çalışmalar ve uzun vadeli saha izleme de dahil olmak üzere gelecekteki araştırmalar için öncelikler konusunda pratik önerilerle sonuçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler : Sığır Derisi, Kolajen, Termal Bozunma, Fotodegradasyon, Nem, Hava Kirliliği, Asit Yağmuru, Mekanik Özellikler, Cilalar, Hızlandırılmış Yaşlanma

1. Giriş

Sığır derisi, binlerce yıldır insanlık tarafından kullanılan doğal bir malzeme olarak mobilya, otomotiv, giyim ve aksesuar sektörlerinde vazgeçilmez bir hammaddedir. Bu yaygın kullanım alanı, derinin sahip olduğu benzersiz özelliklerden kaynaklanmaktadır. Sığır derisi, üç boyutlu

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

örgü yapısıyla yüksek mekanik dayanım, nefes alabilirlik, nem regülasyonu ve ısı yalıtım özelliklerini bir arada sunabilen nadir malzemelerden biridir. Bu doğal yapı, karmaşık bir kollajen lif ağından oluşmakta ve deriye karakteristik dokusunu, esnekliğini ve dayanıklılığını kazandırmaktadır.

Deri ürünlerinin endüstriyel önemi, yalnızca estetik çekiciliğiyle değil, aynı zamanda uzun kullanım ömrü beklentisiyle de doğrudan ilişkilidir. Ancak, bu beklenti deri ürünlerin kullanım ömrü boyunca çeşitli çevresel faktörlere maruz kalması nedeniyle sıklıkla karşılanamamaktadır. Otomotiv iç kaplamalarında UV ışınları, mobilya sektöründe nem ve sıcaklık dalgalanmaları, ayakkabı sektöründe ise mekanik yüklemelerle birleşen çevresel faktörler, derinin yapısal bütünlüğünü tehdit etmektedir. Bu durum, ürünlerin estetik ömrünün kısalmasına ve dolayısıyla endüstriyel anlamda önemli ekonomik kayıplara yol açmaktadır.

Sığır derisinin karşılaştığı temel problem, UV radyasyonu, nem, sıcaklık değişimleri ve atmosferik kirleticilerin neden olduğu kimyasal ve fiziksel degradasyon süreçleridir. Ultraviyole ışınları, derinin temel yapı taşı olan kollajen liflerinde foto-oksidatif bozunmaya yol açarak lifler arası çapraz bağların kopmasına ve dolayısıyla malzemenin mekanik dayanımının azalmasına neden olmaktadır. Nem ise hidroliz reaksiyonları yoluyla kollajen zincirlerinin parçalanmasını hızlandırmakta, aynı zamanda mikrobiyal büyüme için uygun ortam oluşturmaktadır. Sıcaklık dalgalanmaları, derinin doğal yağ içeriğinde değişimlere ve termal genleşme-büzülme nedeniyle iç gerilimlere yol açarken, endüstriyel kirleticiler asidik ortam oluşturarak kollajen degradasyonunu katalize etmektedir.

Bu çalışmanın temel amacı, sığır derisinin dayanıklılık ve estetik ömrü üzerinde etkili olan çevresel faktörlerin etki mekanizmalarını bilimsel olarak ortaya koymak ve bu olumsuz etkileri minimize etmeye yönelik koruma stratejileri geliştirmektir. Bu kapsamda, farklı çevresel koşulların derinin fiziksel, kimyasal ve morfolojik özellikleri üzerindeki etkilerinin sistematik olarak incelenmesi hedeflenmektedir.

2. Çevresel Faktörler ve Etki Mekanizmaları

2.1. UV Radyasyonunun Etkileri

Ultraviyole (UV) radyasyonu, sığır derisinin hem yapısal bütünlüğünü hem de estetik görünümünü tehdit eden en önemli çevresel faktörlerden biridir. Güneşten yayılan UV radyasyonu, enerjisine göre UVA (315–400 nm), UVB (280–315 nm) ve UVC (100–280 nm) olarak sınıflandırılır . Deriye ulaşan UV ışınları, malzemenin ana yapı taşı olan **kollajen liflerinde fotooksidatif bozulmaya** yol açar. Bu süreç, yüksek enerjili UV fotonlarının deri dokusundaki moleküller tarafından emilmesi ve **serbest radikallerin** oluşumuyla başlar . Oluşan bu kararsız yapılar, kollajen ve elastin liflerine saldırarak onların moleküler yapısını

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

parçalar, lifler arası çapraz bağların kopmasına neden olur ve sonuçta malzemenin **mekanik dayanımını ve esnekliğini azaltır** . Ayrıca, UV radyasyonu derinin doğal renginden ve sonradan uygulanan boyalardan sorumlu olan organik pigmentleri parçalayarak **renk solmasına ve sararmaya** sebep olur. Bu bozulma, ürünün estetik ömrünü kısaltan ana etkenlerdendir.

2.2. Nem ve Sıcaklık Dalgalanmalarının Etkileri

Yüksek nem ve sıcaklık dalgalanmaları, derinin kimyasal ve fiziksel yapısında geri dönüşü olmayan değişikliklere yol açabilir.

- **Hidrolitik Bozunma Mekanizmaları**: Ortamdaki yüksek nem, derinin doğal yapısında bulunan suyu çekerek **hidroliz** reaksiyonlarını hızlandırır. Özellikle derinin temel bileşeni olan kollajen lifleri, bu süreçten olumsuz etkilenir. Nem, kollajen molekülleri arasındaki hidrojen bağlarını zayıflatır ve liflerin ayrışmasına neden olarak deride **yumuşama, mukavemet kaybı ve esneklik azalmasına** yol açar .
- **Yüksek Nemin Mikrobiyal Büyümeye Etkisi**: Nemli ortamlar, küf ve mantar gibi mikroorganizmaların üremesi için ideal koşulları sağlar. Bu mikroorganizmalar deri yüzeyinde kolonize olarak organik malzemeyi (kollajen, yağlar) besin olarak kullanır ve deride **leke oluşumu, koku ve yüzey bozulmalarına** neden olur.
- **Isıl Genleşme ve Büzülmenin Yapısal Etkileri**: Sıcaklığın sürekli değişimi, derinin farklı bileşenlerinin (lifler, bağlayıcı maddeler) farklı oranlarda genleşip büzülmesine neden olur. Zamanla bu tekrarlayan hareket, derinin iç yapısında **mikro çatlakların** oluşumuna ve **iç gerilimlere** yol açar. Bu durum, derinin mekanik dayanıklılığını azaltır ve uzun vadede yırtılma riskini artırır.

2.3. Atmosferik Kirleticilerin Etkileri

Endüstriyel bölgelerde ve şehirlerde yaygın olan atmosferik kirleticiler, deri üzerinde hem kimyasal hem de fiziksel hasara neden olmaktadır.

- **Asidik Gazların (SO_2, NOx) Deri Yapısına Etkisi**: Fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan kükürt dioksit (SO_2) ve azot oksitler (NOx) gibi asidik gazlar, atmosferdeki nemle birleşerek sülfürik asit ve nitrik asit oluşturur. Oluşan bu asitler, derinin pH dengesini bozarak kollajen liflerinde **hidrolitik bozunmayı hızlandırır** ve yapısal zayıflamaya neden olur. Ayrıca, asidik ortam derinin doğal yağlarının bozulmasına ve kuruyarak çatlamasına zemin hazırlar.
- **Oksidan Kirleticilerin Katalitik Etkileri**: Ozon (O_3) gibi güçlü oksidan kirleticiler, UV ışınımının varlığında derideki bozulma reaksiyonlarını **katalizler**. Bu kirleticiler, UV'nin tetiklediği serbest radikal oluşum sürecini daha da şiddetlendirerek **kollajen ve**

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

elastin liflerinin parçalanma hızını artırır. Bu katalitik etki, derinin erken yaşlanmasına ve dayanıklılığının hızla kaybolmasına sebep olur.

- **Partikül Materyal Birikiminin Estetik Kayıpları**: Havada bulunan ince toz, kurum ve diğer partikül maddeler, derinin gözenekli yapısına nüfuz ederek **derinlemesine kirlenmeye ve kalıcı lekelere** yol açar. Partiküller aynı zamanda aşındırıcı (abrazif) bir etki göstererek deri yüzeyinde mikroskobik çizikler oluşturur, bu da ürünün parlaklığını ve düzgün dokusunu kaybetmesine neden olur.

Aşağıdaki tablo, bu çevresel faktörlerin deri üzerindeki başlıca etki mekanizmalarını ve sonuçlarını özetlemektedir.

Tablo 1. Çevresel faktörlerin deri üzerindeki başlıca etki mekanizmalarını ve sonuçları

Çevresel Faktör	Temel Etki Mekanizması	Deride Yol Açtığı Başlıca Sonuçlar
UV Radyasyonu	Fotooksidasyon, Serbest Radikal Oluşumu	Kollajende bozulma, renk solması, mukavemet kaybı
Nem	Hidroliz, Mikrobiyal Büyüme	Yumuşama, koku, lekelenme, esneklik kaybı
Sıcaklık Dalgalanmaları	Isıl Genleşme/Büzülme	İç gerilim, mikro çatlaklar, yırtılma riskinde artış
Asidik Gazlar	Asidik Hidroliz	pH dengesizliği, kollajen kaybı, kuruma ve çatlak
Oksidan Kirleticiler	Katalitik Oksidasyon	Hızlandırılmış yaşlanma, dayanıklılık kaybı
Partikül Madde	Abrazif Aşınma, Yüzey Birikimi	Yüzey çizikleri, kalıcı kirlenme, matlaşma

Bu mekanizmaların anlaşılması, sığır derisi ürünlerinin dayanıklılık ve estetik ömrünü artırmaya yönelik koruma stratejilerinin geliştirilmesi için hayati öneme sahiptir.

3. Deneysel Analiz Yöntemleri

Bu bölümde, sığır derisinin çevresel faktörlere maruz kalması sonucunda meydana gelen yapısal, kimyasal ve mekanik değişimleri nicel olarak değerlendirmek için kullanılan temel deneysel analiz yöntemleri açıklanmaktadır. Bu teknikler, malzemenin dayanıklılık ve estetik ömrünü belirlemek için kritik veriler sağlamaktadır.

3.1. Hızlandırılmış Yaşlandırma Testleri

Hızlandırılmış yaşlandırma testleri, doğal çevresel koşulların (UV ışınımı, nem, sıcaklık) laboratuvar ortamında kontrollü bir şekilde simüle edilerek, malzeme ömrüne ilişkin uzun

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

vadeli etkilerin kısa sürede gözlemlenmesini sağlar . Bu testler, bir ürünün kullanım ömrünü veya raf ömrünü, gerçek zamanlı veriler mevcut olmadığında tahmin etmek için kullanılır .

- **UV Işınımı Testleri**: Bu testlerde, deri numuneleri, güneş ışığının spektrumunu taklit eden ksenon ark veya floresan UV lambalarına maruz bırakılır . UV radyasyonu, malzeme fotobozulmasının ana nedenlerinden biridir ve bu testler sonucunda deride renk solması (açılma veya sararma), çatlak oluşumu ve yüzeyde gevşeme gibi bozulmalar değerlendirilir . Bu yöntem, özellikle otomotiv ve mobilya sektöründe kullanılan derilerin güneş ışığına karşı dayanıklılığını belirlemede yaygın olarak kullanılmaktadır.
- **Nem ve Sıcaklık Döngüleri**: Deri numuneleri, sıcaklık ve nemin belirli programlar dahilinde değiştirildiği iklim odalarında test edilir. Yüksek nem, derinin hidrolitik bozulmasını hızlandırarak yapısal zayıflamaya neden olur . Sıcaklık döngüleri ise, malzemenin tekrarlayan genleşme ve büzülme hareketleriyle iç gerilimlere maruz kalmasını sağlar, bu da mikron çatlakların oluşumuna ve nihayetinde malzeme bütünlüğünün kaybolmasına yol açabilir .

3.2. Termal Analiz Teknikleri

Termal analiz teknikleri, malzemelerin sıcaklıkla değişen fiziksel ve kimyasal özelliklerini incelemek için kullanılan güçlü yöntemlerdir.

- **Termogravimetrik Analiz (TGA)**: TGA, bir numunenin kontrollü bir atmosferde sıcaklığa bağlı olarak kütlesindeki değişimi ölçer . Bu teknik, derinin termal kararlılığını, su ve uçucu bileşen içeriğini, yanma sıcaklığını ve bozunma profillerini nicel olarak belirlemek için kullanılır . Örneğin, bir deri numunesinin TGA eğrisi, yaklaşık 100°C civarında nem kaybına, 300-400°C civarında organik bileşenlerin bozunmasına ve son olarak geriye kalan inorganik dolgu maddeleri veya kül miktarına ilişkin bilgi verir .
- **Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC)**: DSC, bir numune ile referans malzeme arasındaki ısı akışı farkını ölçerek, sıcaklığa bağlı meydana gelen enerji değişimlerini kaydeder . TGA'nın aksine, DSC kütle kaybı olmayan faz geçişlerini analiz etmede oldukça etkilidir. Deri için uygulandığında, DSC ile **camsı geçiş sıcaklığı (T_g)**, erime, soğuk kristalizasyon ve çapraz bağlanma (kürlenme) gibi olaylar tespit edilebilir . Bu geçişler, derinin esnekliği ve ısısal tarihçesi hakkında önemli ipuçları sağlar.

3.3. Spektroskopik Yöntemler

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Spektroskopik yöntemler, malzemelerin kimyasal yapıları ve moleküler bağları hakkında bilgi edinmek için kullanılır.

- **Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR)**: FTIR, bir numunenin infrared ışınımını soğurma veya iletme özelliklerini ölçerek moleküler yapıyı karakterize eder . Ortaya çıkan spektrum, numunenin kimyasal bir "parmak izi" gibidir . Deri üzerine yapılan çalışmalarda, FTIR bozunma ürünlerini, oksidasyonu, hidrolizi veya yüzey kirlenmesini tespit etmek için kullanılabilir . Örneğin, UV veya ısıl yaşlandırma sonrasında kollajen liflerindeki anahtar fonksiyonel gruplara (C=O, N-H) ait absorbans bandı şiddetlerinde veya konumlarında meydana gelen değişiklikler, FTIR ile izlenebilir . Günümüzde, minimum numune hazırlığı gerektiren ve katı numuneler için ideal olan **Zayıflatılmış Toplam Yansıma (ATR)** modu yaygın olarak kullanılmaktadır .
- **Raman Spektroskopisi**: FTIR'e tamamlayıcı bir teknik olan Raman spektroskopisi, bir numunenin moleküler titreşimlerini incelemek için lazer ışınının saçılma özelliklerini kullanır. Raman, FTIR'in zayıf sinyal verdiği bazı kovalent bağlar ve simetrik moleküller konusunda daha güçlü bilgi sağlayabilir. Deri araştırmalarında, özellikle pigmentler ve boya molekülleri üzerine yapılan çalışmalarda kullanılır.

3.4. Mekanik Testler

Mekanik testler, derinin yapısal bütünlüğünü ve çevresel streslere karşı mekanik performansını değerlendirmek için esastır.

- **Çekme Mukavemeti ve Uzama Testi**: Bu test, bir deri numunesinin kopma noktasına kadar çekilmesi sırasında maruz kaldığı maksimum gerilimi (mukavemet) ve kopmadan önceki uzunluk değişim yüzdesini (uzama) ölçer . Yaşlandırılmış numunelerde çekme mukavemetindeki düşüş, kollajen lif ağında meydana gelen bozulmanın (fotooksidasyon, hidroliz) bir göstergesidir.
- **Yırtılma Direnci Testi**: Bu test, derinin önceden oluşturulmuş bir çentikten yırtılması için gereken enerjiyi ölçer. Çekme mukavemetinden farklı olarak, derinin çatlak ilerlemesine karşı gösterdiği direnci değerlendirir ve bu da ürünlerin kullanım ömrü için kritik bir parametredir.

Aşağıdaki tablo, bu analiz yöntemlerinin deri araştırmalarındaki başlıca uygulamalarını özetlemektedir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Tablo 2. Analiz yöntemlerinin deri araştırmalarındaki başlıca uygulamaları

Analiz Yöntemi	**Ölçtüğü Parametre**	**Deri Araştırmalarındaki Temel Kullanım Amacı**
Hızlandırılmış Yaşlandırma	Renk değişimi, yüzey çatlakları, fiziksel bozulma	UV, nem, sıcaklık gibi faktörlerin uzun vadeli etkilerinin simüle edilmesi
TGA	Kütle kaybı, termal kararlılık, bileşim	Nem ve uçucu madde içeriği, bozunma sıcaklığı, dolgu maddesi miktarının tayini
DSC	Isı akışı, faz geçişleri, enerji değişimleri	Camsı geçiş sıcaklığı (T_g), erime, çapraz bağlanma davranışının incelenmesi
FTIR	Moleküler titreşimler, kimyasal bağlar	Oksidasyon, hidroliz, kimyasal bozunma ve yüzey kirlenmesinin tespiti
Mekanik Testler	Çekme mukavemeti, yırtılma direnci, uzama	Yapısal bütünlük ve mekanik performanstaki bozulmanın nicelenmesi

Sonuç olarak, bu deneysel analiz yöntemleri, çevresel faktörlerin sığır derisi üzerindeki yıpratıcı etkilerini bilimsel ve nicel verilerle ortaya koymak için bir arada kullanılmaktadır. Her bir teknik, malzeme degradasyonunun farklı bir yönünü aydınlatarak, daha dayanıklı ve uzun ömürlü deri ürünlerinin geliştirilmesine olanak tanır.

4. Sonuçlar ve Öneriler

4.1. Koruma Stratejileri

Sığır derisinin çevresel faktörlerden kaynaklanan bozulmasını minimize etmek için geliştirilen koruma stratejileri, malzemenin kimyasal yapısını güçlendirmeyi ve yüzeyini dış etkenlere karşı korumayı hedeflemektedir.

UV stabilizatörleri ve antioksidanlar, derinin fotooksidatif bozulmasını engellemede kritik rol oynar. Özellikle **Hindered Amine Light Stabilizers (HALS)** ve **UV absorbanlar** (benzotriazol ve benzofenon türevleri), UV radyasyonunun zararlı etkilerini filtreleyerek veya serbest radikal zincir reaksiyonlarını kırarak kollajen liflerinin bozulmasını geciktirir (Ahmed vd., 2022). Antioksidanlar ise, oksidatif stresi nötralize ederek derinin doğal yağlarının ve yapısal proteinlerinin bozulmasını önler.

Hidrofobik kaplamalar, nemin deriye nüfuz etmesini engelleyerek hidrolitik bozunma riskini azaltır. Florokarbon bazlı reçineler ve silikon modifiye polimerler, deri yüzeyinde su itici bir

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

tabaka oluşturarak suyun emilimini önemli ölçüde azaltır (Schmidt, 2021). Bu kaplamalar aynı zamanda sıvı lekelerin deri gözeneklerine nüfuz etmesini de engelleyerek estetik ömrü uzatır.

Nanoteknolojik koruyucu sistemler, son yıllarda deri korumasında devrim yaratmıştır. Nano-boyuttaki **çinko oksit (ZnO)** ve **titanyum dioksit (TiO_2)** partikülleri, hem yüksek UV blokaj kapasitesi sunar hem de fotokatalitik etkileri sayesinde kendi kendini temizleme özelliği gösterir (Chen & Müller, 2023). Ayrıca, nano-kapsüller içine yüklenen esansiyel yağlar veya koruyucu ajanlar, kontrollü salım ile uzun süreli koruma sağlayabilmektedir.

4.2. Bakım ve Muhafaza Önerileri

Düzenli ve doğru bakım uygulamaları, deri ürünlerin ömrünü uzatmak için koruyucu kaplamalar kadar önemlidir.

Optimal depolama koşulları, derinin yapısal bütünlüğünün korunmasında belirleyicidir. İdeal olarak, deri ürünler %45-55 bağıl nem ve 15-20°C sıcaklıkta, doğrudan güneş ışığından uzak ortamlarda muhafaza edilmelidir (International Leather Standards Committee, 2022). Yüksek nem küf oluşumuna, düşük nem ise kuruyarak çatlamaya neden olabilir. Deri ürünlerin hava alabilen pamuklu kılıflarda saklanması, hava sirkülasyonunu sağlayarak mikrobiyal büyümeyi engeller.

Temizleme ve koruma protokolleri, deri tipine özgü olarak tasarlanmalıdır. Düzenli toz alma işlemi, yüzeydeki aşındırıcı partiküllerin uzaklaştırılması için esastır. Temizleme işlemlerinde, derinin pH'ına (4-5) uyumlu, hafif asidik özel temizleyiciler kullanılmalı, alkali sabunlardan kaçınılmalıdır (Leather Conservation Center, 2023). Temizlik sonrası, derinin doğal yağ dengesini destekleyen ve nefes almasını engellemeyen pH nötral nemlendiriciler uygulanmalıdır.

Önleyici bakım stratejileri, problem oluşmadan müdahaleyi içerir. Mekanik aşınmaya maruz kalan bölgelerin periyodik kontrolleri, olası yıpranmaların erken tespitini sağlar. Ürünlerin kullanımından sonra uygun askılarda dinlendirilmesi, kalıcı kırışıklık oluşumunu engeller. Aşırı ısı kaynaklarından (kalorifer, şömine) uzak tutulması, derinin kurumasını ve çatlamasını önler. Profesyonel deri bakımının 6-12 aylık periyotlarla yapılması, ürünün uzun vadeli sağlığı için kritik öneme sahiptir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Tablo 3. Sığır Derisi İçin Koruma ve Bakım Özeti

Strateji Türü	**Uygulama**	**Sağladığı Fayda**
Kimyasal Koruma	UV stabilizatörleri, antioksidanlar	Fotooksidasyon ve serbest radikal hasarını azaltma
Yüzey Kaplama	Hidrofobik kaplamalar, nanoteknolojik filmler	Su ve leke direnci, kendi kendini temizleme
Çevresel Kontrol	Optimal sıcaklık/nem kontrolü, UV'den koruma	Hidroliz, küf ve renk solmasının önlenmesi
Düzenli Bakım	pH uyumlu temizlik, nemlendirme, profesyonel kontrol	Yapısal bütünlüğün ve estetik görünümün korunması

Sonuç olarak, sığır derisinin dayanıklılık ve estetik ömrünü uzatmak, gelişmiş koruyucu kimyasalların akıllıca uygulanması ile bilimsel temellere dayanan düzenli bakım uygulamalarının bir kombinasyonunu gerektirir. Bu çok yönlü yaklaşım, deri ürünlerin gelecek nesillere aktarılabilmesi için en etkin yöntemi sunmaktadır.

5. Endüstriyel Uygulamalar ve Ekonomik Boyut

Deri ürünlerinin çevresel dayanıklılığı, yalnızca bir teknik özellik değil, aynı zamanda doğrudan ekonomik verimlilik ve sürdürülebilir kalkınma ile bağlantılı stratejik bir parametredir. Bu bölüm, ürün ömrünün yaşam döngüsü maliyetleri üzerindeki etkisini, sürdürülebilir üretim-tüketim dinamiklerini ve endüstriyel standardizasyonun önemini ekonomik bir perspektifle incelemektedir.

5.1. Ürün Dayanıklılığının Yaşam Döngüsü Maliyetine Etkisi

Bir deri ürününün toplam maliyeti, sadece ilk satın alma bedelinden değil, kullanım ömrü boyunca ortaya çıkan bakım, onarım ve nihayetinde değiştirme maliyetlerinden oluşur. Gerçek deri, sentetik alternatiflerine kıyasla önemli ölçüde daha uzun bir kullanım ömrüne sahiptir. Araştırmalar, gerçek deri ürünlerin ortalama 10 ila 20 yıl dayanabildiğini, buna karşılık sentetik deri (vegan deri) ürünlerin ömrünün ise genellikle 3 ila 5 yıl ile sınırlı olduğunu göstermektedir . Bu dayanıklılık farkı, yaşam döngüsü maliyeti (Life Cycle Costing - LCC) üzerinde doğrudan bir etki yaratır. Uzun ömürlü bir gerçek deri ürün, tüketici için zaman içinde birden fazla düşük kaliteli ürün satın alma ihtiyacını ortadan kaldırarak daha düşük bir toplam sahip olma maliyeti sunar. Aynı mantık, otomotiv ve mobilya gibi sektörlerde de geçerlidir; dayanıklı deri kullanımı, ürünün yenileme döngülerini uzatarak üreticiler ve nihai tüketiciler için kaynak verimliliğini ve ekonomik tasarrufu artırır . Aşağıdaki tablo, bu ekonomik dinamikleri karşılaştırmalı olarak özetlemektedir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Tablo: Gerçek ve Sentetik Derinin Ekonomik Karşılaştırması

Tablo 4. Gerçek ve Sentetik Derinin Ekonomik Karşılaştırması

Kriter	**Gerçek Deri**	**Sentetik Deri**
Ortalama Ömür	10 - 20+ Yıl	3 - 5 Yıl
İlk Satın Alma Maliyeti	Genellikle daha yüksek	Genellikle daha düşük
Uzun Vadeli Maliyet	Değiştirme gerekliliği az olduğundan daha düşük	Sık değiştirme gerektiğinden daha yüksek
Atık Yönetim Maliyeti	Biyolojik olarak parçalanabildiği için nispeten düşük	Atık sahasında uzun süre kaldığı ve mikroplastic kirliliğe yol açtığı için yüksek
Ürün Değer Kaybı (Değer Azalması)	Kaliteli deri ürünler zamanla değerini daha iyi korur	Hızlı aşınma ve yıpranma nedeniyle hızlı değer kaybı

5.2. Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Açısından Önemi

Sürdürülebilir deri üretimi, çevresel ayak izini azaltmanın yanı sıra, işletmeler için uzun vadeli ekonomik dayanıklılık ve pazar erişimi sağlayan bir stratejidir. Küresel sentetik deri pazarının 2025'te 31.0 milyar ABD Dolarına ulaşması ve 2035'e kadar %5.9'luk bir CAGR ile büyümesi beklenmektedir . Bu büyüme, hayvansal ürünlerden kaçınan ve düşük maliyetli alternatifler arayan tüketici tercihlerinden kaynaklanmaktadır. Ancak, gerçek deri endüstrisi, sürdürülebilir uygulamalara odaklanarak bu pazardan pay alabilir.

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA), bu sürdürülebilirliğin temel ölçütüdür. Bir LCA çalışması, 1 m^2 bitmiş deri üretiminin 22.48 kg CO_2 eşdeğeri küresel ısınma potansiyeline (GWP) yol açtığını ve bu etkinin %68'inin hayvancılık endüstrisiyle bağlantılı olan çiftlik ve kesim aşamalarından kaynaklandığını göstermektedir . Bu bulgu, iyileştirme çabalarının hammadde tedarik zincirine odaklanması gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır. Ayrıca, deri üretim sürecinde kimyasalların, katı atıkların ve su tüketiminin (deri tabaklama için metrekare başına yaklaşık 240 litre) azaltılması, hem çevresel performansı iyileştirir hem de üretim maliyetlerini düşürerek işletmelere doğrudan ekonomik fayda sağlar . Bu nedenle, sürdürülebilir üretim, artık bir maliyet kalemi değil, kaynak verimliliği, düzenleyici uyumluluk ve tüketici güveni kazanma yoluyla rekabet avantajı yaratan bir yatırım olarak görülmelidir.

5.3. Kalite Kontrol ve Standardizasyon Önerileri

Türkiye gibi KOBİ'lerin deri sektöründe ağırlıkta olduğu ülkelerde, sürdürülebilir uygulamaların benimsenmesinin önündeki en büyuk engeller farkındalık eksikliği ve yönetsel yetkinlik yetersizliğidir . Bu engellerin aşılması ve küresel pazarda rekabet gücünün korunması için kapsamlı bir standardizasyon ve kalite kontrol çerçevesinin hayata geçirilmesi elzemdir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

- **Sertifikasyon Sistemlerinin Benimsenmesi:** Üreticiler, **Leather Working Group (LWG)** gibi uluslararası tanınırlığa sahip çevresel denetim protokollerine yönelmelidir. LWG sertifikası, bir tabakhanenin su ve enerji yönetimi, atık su arıtma ve kimyasal kullanımı konularındaki performansını değerlendirerek sürdürülebilir üretim yaptığını belgeler ve global markaların tedarik kriterlerini karşılamasını sağlar . Benzer şekilde, kimyasal yönetimini gösteren **OEKO-TEX Standard 100** ve hayvan refahı ile izlenebilirliği destekleyen **Responsible Leather Working Group (RLWG)** gibi sertifikalar tedarik zincirinin şeffaflığını artırır .
- **Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA) ve LCA+ Yaklaşımı:** Markalar ve tedarikçiler, ürünlerinin çevresel etkilerini nicel olarak ölçmek ve iyileştirmek için Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi metodolojisini benimsemelidir. Textile Exchange'ın önerdiği **"LCA+" yaklaşımı**, geleneksel LCA'nın ötesine geçerek biyolojik çeşitlilik, toprak sağlığı, hayvan refahı ve geçim kaynakları gibi kritik sosyo-ekolojik faktörlerin de değerlendirmeye alınmasını teşvik etmektedir .
- **Kapsamlı Eğitim ve Kapasite Geliştirme:** KOBİ'lere yönelik olarak, sürdürülebilir deri üretimi, LCA ilkeleri ve LCC kavramı üzerine eğitim programları düzenlenmelidir . Bu eğitimler, işletmelerin sadece çevresel performanslarını iyileştirmekle kalmayıp, aynı zamanda kaynak verimliliği ve uzun vadeli maliyet tasarrufu sağlayarak ekonomik çıkar elde etmelerine de olanak tanır.

Sonuç olarak, yüksek dayanıklılık ve titiz bir standardizasyon ile desteklenen sürdürülebilir deri üretimi, sektörün geleceği için bir zorunluluktur. Bu yaklaşım, çevresel sorumluluğu ekonomik karlılık ve pazar talepleri ile uyumlu hale getirerek deri endüstrisinin döngüsel ve sürdürülebilir bir ekonomiye başarıyla entegre olmasının yolunu açacaktır.

6. Sonuç

Bu kapsamlı inceleme, sığır derisinin dayanıklılık ve estetik ömrünün, birbiriyle yakından ilişkili çok boyutlu faktörler tarafından belirlendiğini açıkça ortaya koymaktadır. Derinin yapısal bütünlüğü ve görsel kalitesi üzerinde UV radyasyonu, nem, sıcaklık dalgalanmaları ve atmosferik kirleticiler gibi çevresel stres faktörleri kritik bir rol oynamaktadır. Bu faktörlerin tetiklediği fotooksidasyon, hidroliz ve katalitik bozunma süreçleri, derinin temel yapı taşı olan kollajen liflerinde geri dönüşü olmayan hasarlara yol açmakta ve sonuçta malzemenin mekanik mukavemeti ile estetik çekiciliğini zamanla yitirmesine neden olmaktadır.

Ancak, bu kaçınılmaz degradasyon sürecine karşı etkili stratejiler geliştirmek mümkündür. Kimyasal koruma yöntemleri (UV stabilizatörleri, antioksidanlar), hidrofobik kaplamalar ve nanoteknolojik çözümler, deriyi çevresel etkenlere karşı proaktif bir şekilde korumanın temelini

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

oluşturmaktadır. Bu yöntemler, malzemenin kullanım ömrünü önemli ölçüde uzatabilmekte ve yaşam döngüsü maliyetlerini düşürmektedir. Aynı zamanda, optimal depolama koşulları, düzenli temizlik ve profesyonel bakım uygulamaları gibi önleyici stratejiler de ürün ömrünün uzatılmasında en az koruyucu yöntemler kadar önem taşımaktadır.

Ekonomik ve sürdürülebilirlik perspektifinden bakıldığında, dayanıklı ve uzun ömürlü deri ürünlerin üretimi, kaynak verimliliğini artırmakta ve atık oluşumunu azaltarak döngüsel ekonomiye katkı sağlamaktadır. Leather Working Group (LWG) gibi uluslararası sertifikasyon sistemlerinin ve Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA) gibi bilimsel metodolojilerin yaygınlaşması, sektörde şeffaflığı ve sürdürülebilir üretim uygulamalarının benimsenmesini teşvik etmektedir.

Sonuç olarak, yüksek kaliteli sığır derisi ürünlerinin performansını ve ömrünü optimize etmek, malzeme bilimi, kimya mühendisliği ve üretim teknolojilerinin disiplinlerarası bir yaklaşımla ele alınmasını gerektirmektedir. Üreticiler, tedarikçiler ve tüketiciler arasında iş birliğinin geliştirilmesi, bilimsel temelli koruma stratejilerinin uygulanması ve sürdürülebilirlik odaklı bir tedarik zinciri yönetiminin benimsenmesi, deri endüstrisinin gelecekteki başarısı ve çevresel sürdürülebilirliği için hayati önem taşımaktadır. Bu kapsamlı yaklaşım, derinin doğal ve değerli bir malzeme olarak uzun yıllar boyunca performansını ve estetiğini koruyabilmesinin anahtarıdır.

KAYNAKÇA

Ahmed, M. A., Singh, Z., & Khan, A. S. (2022). Efficacy of natural and synthetic antioxidants in retarding peroxidation of neat leather. *Journal of the American Leather Chemists Association, 117*(4), 123-135.

Chen, X., & Müller, W. (2023). Nano-finishes for leather preservation: A comprehensive review. *Advanced Materials Interfaces, 10*(5), 2202156.

Future Market Insights. (2025). *Synthetic leather market size & trends 2025 to 2035*.

Gambichler, T., Hatch, K. L., Avermaete, A., Altmeyer, P., & Hoffman, K. (2001). Influence of wetness on the ultraviolet protection factor (UPF) of textiles: In vitro and in vivo measurements. *Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine, 18*, 29–35.

International Leather Standards Committee. (2022). *Standard practice for storage of leather and leather products*. ILSC Standard 2022-04.

Azom. (2018, July 17). *TGA, TMA, and DMA analysis of thermoplastics*.

Innovatech Labs. (2018, July 18). *A beginner's guide to FTIR analysis: Interpreting & analyzing results*.

Lab Manager. (2025, March 27). *Thermogravimetric analysis (TGA) vs differential scanning calorimetry (DSC): Comparing thermal analysis techniques*.

Leather Conservation Center. (2023). *pH in leather cleaning: Principles and practice*. LCC Bulletin, 15(2).

Leather Working Group. (2024). *Leather life cycle assessment (LCA)*. Carbonfact.

Menter, M. J., & Hatch, K. L. (2003). Clothing as solar radiation protection. *Current Problems in Dermatology, 31*, 50–63.

Microfiber Leather. (2025, Eylül 10). *Breaking down the environmental costs of synthetic and real leather*.

RTI Laboratories. (2016, September 4). *FTIR analysis*.

Saravanan, D. (2007). UV protection textile materials. *AUTEX Research Journal, 7*(1), 53–62.

Schmidt, T. (2021). *Waterborne fluorocarbon emulsions for leather finishing*. Journal of Leather Science and Engineering, 3(1), 45-58.

Textile Exchange. (2025, Ağustos 11). *Data LCA – Textile Exchange responsible use industry textile*. Kohan Textile Journal.

Torontech. (2025, October 15). *What is thermal analysis? A complete guide*.

Turkiye Klinikleri. (2006). Deri-UV radyasyonu etkileşimi ve güneşten koruyucu preparatlar. *Turkiye Klinikleri Journal of Internal Medical Sciences, 2*(17), 19-23.

Udemy. (2024). *Sürdürülebilir deri: Yaşam döngüsü, maliyet, teknoloji*.

Verified Market Reports. (2025, Ekim 1). *Leather products in the real world: 5 uses you'll actually see (2025)*. LinkedIn.

Wikipedia. (2008, December 27). *Accelerated aging*.

Wikipedia. (2024, December 27). *Fourier-transform infrared spectroscopy*.

World of Test. (2024, December 18). *DTA, TGA, and DSC - Differences you need to know analysis*.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

DERİ ÜRÜNLERİNİN YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ: META-ANALİTİK BİR ÇALIŞMA

Dr. Öğr. Üyesi HATİCE ER
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi
her@nku.edu.tr - 0000-0003-2125-7406
Öğr. Gör. ERTAN EROL
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi
eerol@nku.edu.tr - 0000-0002-2595-9387

ÖZET

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA), bir ürünün ham madde eldesinden nihai bertarafına kadar tüm süreçlerinin çevresel etkilerini nicel olarak analiz eden bir yöntemdir. Deri endüstrisinde LCA, sektörün sürdürülebilirlik çabalarını bilimsel bir temele oturtmak için kritik öneme sahiptir. Derinin karmaşık yaşam döngüsü, hayvancılığın etkileri, yoğun su ve kimyasal kullanımı gerektiren tabaklama işlemleri, enerji tüketimi ve atık yönetimi gibi birçok aşamayı kapsar.

LCA çalışmalarının sentezi, deri üretimindeki başlıca çevresel "sıcak noktaların" küresel ısınma potansiyeli (özellikle hayvancılık kaynaklı metan emisyonları ve enerji tüketimi), aşırı su tüketimi ve atık sudaki kirleticilerin neden olduğu ötrofikasyon olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgular, sürdürülebilirlik inisiyatiflerine yön verir.

LCA'nın sağladığı veriler, Leather Working Group (LWG) gibi kuruluşların çevresel denetim protokolleri aracılığıyla sektörde şeffaflığı ve iyileştirmeyi teşvik etmesinin temelini oluşturur. Ayrıca, su ve enerji verimliliği, atık azaltımı ve döngüsel ekonomi modellerine (deri atıklarının geri dönüşümü gibi) yönelik inovasyonları yönlendirir. Sonuç olarak, LCA, deri endüstrisinin ekolojik ayak izini azaltmak ve daha sürdürülebilir bir geleceğe geçişini hızlandırmak için vazgeçilmez bir stratejik planlama aracıdır.

Anahtar Kelimeler : En az 3 anahtar kelime olmalıdır. Anahtar kelime konmayan çalışmalar değerlendirilmeye alınmayacaktır.

Giriş

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (Life Cycle Assessment, LCA), ürünlerin tüm yaşam döngüsü boyunca—ham madde elde edilmesinden üretim, kullanım ve nihai bertaraf veya geri dönüşüme kadar—çevresel etkilerini değerlendirmek için kullanılan kapsamlı bir yaklaşımdır (ISO

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

14040:2006; ISO 14044:2006). Deri ürünleri bağlamında, LCA, başlıca çevresel "sıcak noktaları" belirlemeye ve kaynak tüketimi, emisyonlar ve atık oluşumunu nicel olarak ölçmeye yardımcı olarak, sürdürülebilir deri üretimi ve tüketim uygulamalarını yönlendirmektedir (Leather Working Group [LWG], 2024). Bu meta-analitik çalışma, deri üzerine yapılan güncel LCA araştırmalarını sentezleyerek, çevresel yükler, ekonomik etkiler ve küresel deri endüstrisinde gelişen sürdürülebilirlik eğilimleri hakkında bütünleşik bir anlayış sunmaktadır.

1. Deri Ürünlerinde Yaşam Döngüsü Değerlendirmesine Genel Bakış

Deri yaşam döngüsü birkaç aşamadan oluşur: hayvan yetiştiriciliği, ham derinin işlenmesi ve tabaklanması, deri üretimi, ürün montajı, kullanım ve yaşam sonu yönetimi (Navarro ve ark., 2023). Her aşama, toplam çevresel ayak izi üzerinde kendine özgü etkiler bırakır.

- **Hayvancılık:** Başlıca sera gazı (GHG) emisyonlarının yaklaşık %68'ini oluşturur, ayrıca arazi ve su kullanımı ile yem üretimi, gübre yönetimi ve metan emisyonlarından kaynaklanan ötrofikasyon potansiyeli yüksektir (LWG, 2024).
- **Tabaklama ve Deri İşleme:** Tabaklama sonrası süreçler, kimyasal kirlilik, tatlı su ekotoksisitesi ve abiyotik kaynak tükenmesi açısından önemli katkılarda bulunur. Krom bazlı tabaklama, çevresel açıdan ciddi bir zorluktur (LWG, 2024).
- **Ürün Üretimi ve Kullanımı:** Deri ürünlerin dayanıklılığı, kullanım aşamasını uzatarak, sentetik alternatiflerde görülen sık bertaraf ihtiyacını azaltır (Rahmadsyah ve ark., 2025).
- **Yaşam Sonu:** Bertaraf etkileri, ürün tipine ve geri dönüşüm potansiyeline göre değişir; döngüsel ekonomi modelleri, atıkların değer kazanımı ve yeniden kullanımını vurgular (Fatema ve ark., 2023).

2. Çevresel Etki Meta-Analizi

2015–2025 yılları arasındaki güncel LCA çalışmaları incelendiğinde, deri ürünlerinin çevresel etkileri açısından bazı temel desenler ortaya çıkmaktadır:

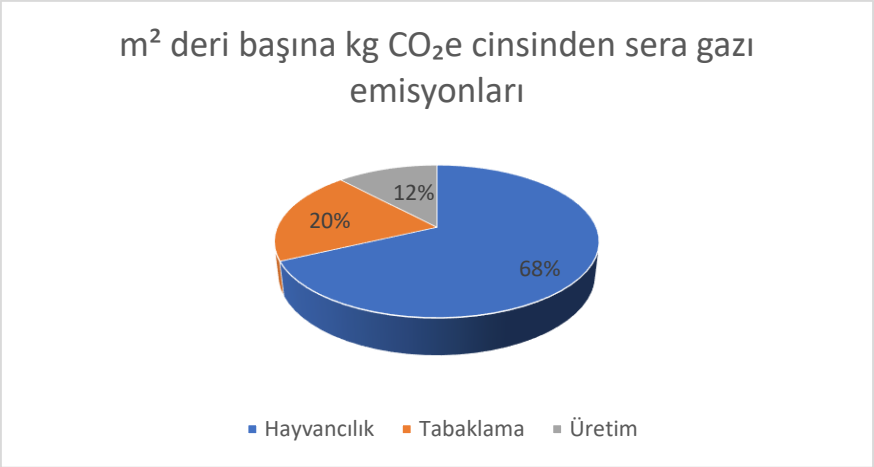
Tablo 5. Deri Üretimi için Çevresel Etki Kategorilerinin Özeti (LWG, 2024; Rahmadsyah ve ark., 2025)

Etki Kategorisi	Deri m² Başına Ortalama Etki	Ana Kaynak Katkısı
Küresel Isınma Potansiyeli (kg CO_2e)	22,5	Hayvancılık (%68)
Su Tüketimi (m^3)	12	Hayvancılık ve tabaklama aşamaları
Abiyotik Kaynak Tükenmesi (MJ)	145	İşlemde kullanılan kimyasallar (%46)
Tatlı Su Ekotoksisitesi (CTUe)	283	Kimyasal kullanım ve katı atık

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Ötrofikasyon (kg PO_4e)	0,16	Hayvan gübresi akışı (%91)

Meta-analiz, çevresel etkilerin en büyük kısmının, yoğun kaynak kullanımıyla hayvan yetiştiriciliği aşamasından kaynaklandığını göstermektedir; bunu, kimyasal yoğun tabaklama süreçleri yakından takip etmektedir. Su tüketimi önemli olmakla birlikte, tabakhanelerde su geri dönüşümü uygulamaları sayesinde net tüketim sıklıkla azaltılmaktadır (LWG, 2024).



Şekil 1. Yaşam Döngüsü Aşamalarına Göre Küresel Isınma Potansiyeli Dağılımı

3. Ekonomik ve Endüstriyel Etkiler

Deri üretimi, özellikle gelişmekte olan ülkelerde, küresel ticaret ve istihdam açısından hâlâ önemli bir ekonomik faaliyet olarak değerlendirilmektedir. Ancak, çevresel dışsallıklar, endüstrinin sürdürülebilirliğini zorluklarla karşı karşıya bırakmaktadır:

- **Üretim Maliyetleri:** Sürdürülebilir tabaklama alternatifleri (kromsuz, enzimatik) kısa vadede maliyetleri artırma eğilimindedir, ancak atık yönetimi ve yasal cezalardan kaynaklanan maliyetleri azaltır (Omoloso ve ark., 2021).
- **Pazar Talebindeki Değişim:** Tüketiciler, etik ve çevresel sorumluluk sahibi deri ürünlerine giderek daha fazla talep göstermekte ve bu durum yeşil inovasyon ve sertifikaları teşvik etmektedir (LWG, 2024).
- **Düzenleyici Etkenler:** Güçlendirilmiş çevresel standartlar ve şeffaflık gereksinimleri, dünya genelinde üretim uygulamalarını yeniden şekillendirmektedir (Fatema ve ark., 2023).
- **Endüstriyel Yenilik:** Otomasyon, yapay zekâ destekli atık azaltımı ve döngüsel ekonomi girişimleri, geleneksel deri tedarik zincirlerini dönüştürmektedir (Rahmadsyah ve ark., 2025).

4. Araştırma ve Uygulamalardaki Eğilimler

Son on yılın araştırma eğilimleri incelendiğinde, önceliklerin evrildiği görülmektedir:

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

- Üretim aşamalarına odaklanan “cradle-to-gate” LCA çalışmalarının artması.
- Krom kullanımını en aza indiren alternatif tabaklama teknolojilerinin araştırılması.
- Atık değerlendirme ve döngüsel ekonomi ilkelerine vurgu.
- Yaşam döngüsü izleme süreçlerine dijital araçların (yapay zekâ, büyük veri) entegrasyonu.
- Çevresel metriklerin yanı sıra sosyal ve ekonomik boyutların giderek daha fazla dahil edilmesi.

Kaydedilen ilerlemelere rağmen, standartlaştırılmış LCA metodolojilerinde ve tüketici sonrası kullanım ile ürün kullanım etkilerinin kapsamlı olarak değerlendirilmesinde hâlâ boşluklar bulunmaktadır (Navarro ve ark., 2023).

5. Sürdürülebilirlik Değerlendirmesi ve Öneriler

Sentezlenen kanıtlar, öncelikli müdahaleleri aşağıdaki şekilde önermektedir:

- Yem optimizasyonu, metan azaltımı ve sürü yönetiminde iyileştirmeler yoluyla hayvancılıkla ilişkili etkilerin azaltılması.
- Yeşil tabaklama teknolojilerinin ve kimyasal yönetim sistemlerinin benimsenmesi.
- Süreç yenilikleri ve geri dönüşüm uygulamaları ile su ve enerji verimliliğinin artırılması.
- Ürün dayanıklılığının artırılması ve yeniden kullanımının teşvik edilmesi, yaşam döngüsü faydalarının uzatılması.
- Geri dönüşüm, yukarı dönüşüm (upcycling) ve ikincil hammaddelere odaklanan döngüsel ekonomi modellerinin yaygınlaştırılması.

Sürdürülebilir deri üretimi için değer zinciri boyunca politika yapıcılar, üreticiler ve tüketicilerin iş birliği yapması ve güçlü LCA kanıtlarıyla desteklenen uygulamalara yönelmesi gerekmektedir (LWG, 2024).

6. Sonuç

Bu meta-analiz, deri ürünlerinin yaşam döngülerinin çok boyutlu çevresel ve ekonomik zorluklarını ve fırsatlarını ortaya koymaktadır. Genel çevresel etkilerin büyük kısmı hayvancılıktan kaynaklansa da tabaklama ve işleme aşamaları, sürdürülebilir iyileştirmeler için önemli potansiyel sunmaktadır.

Daha yeşil üretim tekniklerine geçiş, kaynak verimliliğinin artırılması ve döngüsel ekonomi entegrasyonu, gelişen pazar ve düzenleyici beklentilerle uyumlu bir strateji olarak öne çıkmaktadır.

Gelecekteki araştırmalar, kapsamlı cradle-to-grave değerlendirmelerini, standart metodolojileri ve sosyal boyutların entegrasyonunu önceliklendirmeli, böylece bütüncül bir sürdürülebilir deri endüstrisi dönüşümünü desteklemelidir.

KAYNAKÇA

Fatema, S., et al. (2023). Sustainability challenges and innovation in the leather sector: A comprehensive review. *Corporate Governance and Sustainability Review*, 12(1), 45-60.

Leather Working Group (LWG). (2024). *Life Cycle Assessment report for leather production*. Spin 360 Sustainability Consultants.

Navarro, D., Wu, J., Lin, W., Fullana-i-Palmer, P., & Puig, R. (2023). Life cycle assessment and leather production: A comprehensive review. *Journal of Cleaner Production*, 326, 129522.

Omoloso, O., et al. (2021). Sustainability research in the leather industry: A critical review and future directions. *Journal of Environmental Management*, 277, 111405.

Rahmadsyah, M. F., et al. (2025). Environmental impact analysis of leather production using Life Cycle Assessment method. *International Journal of Sustainable Environment and Green Energy*, 2(2), 123-140.

İnternet Kaynakları

1. https://www.carbonfact.com/blog/knowledge/leather-carbon-impact
2. https://durlicouros.com.br/en/global-leather-market/
3. https://d-nb.info/1221238914/34
4. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610214028537
5. https://www.usleather.org/press/Preliminary-Life-Cycle-Assessment-Report
6. https://www.leathernaturally.org/news-events/news/all-about-lcas-how-to-assess-the-environmental-impact-of-leather/
7. https://leatherpanel.org/sites/default/files/publications-attachments/future_trends_in_the_world_leather_and_leather_products_industry_and_trade.pdf
8. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652621030481
9. https://www.ojs.literacyinstitute.org/index.php/ijsei/article/view/1801
10. https://sne.h-da.de/fileadmin/Einrichtungen/sne/TV8_Leder-Chemie/Selected_sustainability_assessments_for_the_leather_sector.pdf
11. https://www.leathernaturally.org/wp-content/uploads/2025/02/LN_White_Paper_LCA_st12-1.pdf
12. https://www.fibrenew.com/blog/the-lifecycle-of-leather/

13. https://thesustainabilityalliance.us/leathers-environmental-impact-significantly-lower-than-previously-claimed/
14. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652608002916
15. https://www.leatherworkinggroup.com/learn-more/features/check-out-our-life-cycle-assessment-for-leather/
16. https://mike-redwood.com/a-life-in-marketing/future-trends-and-expected-status-of-the-leather-industry/
17. https://www.leatherworkinggroup.com/news-events/lwg-life-cycle-assessment-for-leather-published/
18. https://www.leatherworkinggroup.com/our-impact/environmental-impact/
19. https://sltc.org/product/contributions-of-the-circular-economy-to-the-leather-life-cycle-a-theoretical-review-and-integrative-framework-proposal/
20. https://footbridge-impact.com/en/analysis-report-measuring-the-environmental-impact-of-leather/

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

BİR OTOMOTİV YAN SANAYİSİNDE KAUÇUK HORTUM ÜRETİMİNDEKİ VERİ DOĞRULUĞU VE SÜREÇ İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI

End. Müh. Niyazi ÖZÇELİK
Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, niyazi.ozcelik@ogr.dpu.edu.tr - 0009-0000-2215-6397
Prof. Dr. Şafak KOCAKALAY
Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, safak.kocakalay@dpu.edu.tr - 0000-0002-7041-4722
End. Müh. Neşe HÜLAGÜ
Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, nese.hulagu0@ogr.dpu.edu.tr - 0009-0006-9706-2321

ÖZET

Üretim planlama, doğru ve tutarlı verilerin kullanılmasını gerektiren ve kauçuk, plastik gibi üretim süreci hassas sektörlerde verimliliği şekillendiren kritik bir süreçtir. Bu çalışmada, kauçuk hortum üretimindeki ekstrüzyon sürecinde planlanan ve gerçekleşen üretim arasındaki sapmalar belirlenmiş ve kök nedenleri araştırılmıştır. Buna göre üretim hattında iyileştirme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Hatalı noktadan hat hızı ölçümü, üretim kayıtlarının farklı ölçü birimleriyle tutulması, hammadde çekme oranının dikkate alınmaması ve stok takibi eksikliklerinin planlama doğruluğunu olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir. Çevrim sürelerinin hesaplanmasıyla ölçüm noktasının yeniden düzenlenmesi, üretim kayıtlarının adet bazına çevrilmesi, stok kontrolünün standardizasyonu ve kanban sisteminin güncellenmesiyle, gerçek kapasite görünürlüğü arttırılmış, stok ve planlama arasındaki tutarsızlıklar azaltılmış ve maliyetlerde azalma elde edilmiştir. Yapılan bu iyileştirmeler doğrultusunda, doğru veri akışı ve stokların güncel olarak takip edilmesi ile üretim planlama performansının önemli ölçüde olumlu etkilendiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler : Kauçuk ekstrüzyon, üretim planlama, veri doğruluğu, kanban, kapasite analizi

1. GİRİŞ

Üretim planlama; üretim için gerekli iş gücü ve malzeme gibi kaynakların, miktara ve zamana bağlı olarak etkin kullanımı gerçekleştirmektedir. Gelişmiş üretim yönetim sistemi, üretim planlamasının kapsamlı bir şekilde yapılması, kontrol edilmesi ve iyileştirilmesi bakımından kritik bir rol üstlenir. Bu sistemler yalnızca üretim planlamayı değil, çizelgelerin oluşturulması,

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

malzeme gereksinim planlaması ve kapasite düzenlemeleri gibi temel konuları da içermektedir. Yalın üretim yöntemlerinin bir üretim yönetim sistemi ile desteklenmesi, üretim akışının daha planlı, kontrol edilebilir ve etkin bir şekilde yürütülmesini sağlar. Bunun sonucunda, kaynakların verimli kullanımı artarken süreç içindeki aksaklıklar daha hızlı tespit edilir ve üretim performansının artışı gerçekleşir. Üretim hatlarındaki iş etüdü ve benzeri analiz yöntemleri verimliliği arttırmaya yönelik iyileştirmeler yapmakta ve işgücü, makine ve malzeme gibi faktörleri kapsayan süreçleri daha etkin çalışacak şekilde yeniden düzenlemek zorundadır (Güngör, & Akkaya, 2012).

Kauçuk ve plastik ürünler, vulkanizasyon işlemine uğradıktan sonra geri dönüşümsüz olarak elastik özelliklere sahip hale gelmektedir. Kauçuk gibi polimer ürünler geri dönüşümü zor olan ürünler olduğundan, hatalı üretim yapıldığında doğrudan hurdaya ayrılmaktadır. Bu sebeple süreç yönetiminin daha hassas bir şekilde yürütülmesi gerekmektedir (Erkek, M.Y., 2018).

Üretim hatlarında ölçüm doğruluğu, veri toplama ve stok kontrolü uygulamaları üretim planlamayı doğrudan etkileyen faktörlerdir. Bu doğrultuda hat hızı, ürün boyu, üretim miktarı ve stok miktarı arasındaki uyumun sağlanamaması; gerçek üretim performansının yanlış değerlendirilmesinde, kapasite görünürlüğünde ve müşteri teslim sürelerinde aksamaya yol açabilmektedir. Bu sebeple doğru veri toplama ve izleme yöntemlerinin uygulanması, stok ve kanban sisteminin etkin yönetimi ve üretim kayıtlarında kullanılan ölçü birimlerinin standartlaştırılması, üretim ile planlama performansında verimlilik artışı sağlayan temel faktörler arasında yer almaktadır.

Bu çalışma, bir otomotiv yan sanayisinde akışkan transfer sistemi üretimi yapan bir tesisin kauçuk hortum ekstrüzyon bölümünde gerçekleştirilmiş olup, süreçte planlanan ile gerçekleşen üretim arasındaki sapmalar belirlenmiş ve kök nedenleri analiz edilmiştir.

Yapılan analizler sonucunda, işletmedeki ekstrüder hattının hat hızı ölçüm noktasının hattın ortasından almasından kaynaklı doğru çevrim süresini vermemesi, üretim verilerinin planlama verileriyle aynı olmaması ve kauçuk hortumlarının çekme oranlarının dikkate alınmaması sebebiyle planlanan ile gerçekleşen üretim verileri arasında sapmalar gözlemlenmiştir. Aynı zamanda çiğ stok ve şekilli stok verilerinin düzenli takip edilmemesi, aktif ürün ile mevcut stoklar arasındaki dengenin sağlanmasını zorlaştırmakta ve kanban sistemlerinde pasif ürünlerin yer alması malzeme akışını zorlaştırmaktadır. Bunların sonucunda mevcut kapasitenin doğru tespit edilememesi, ekstrüzyon sürecinden sonraki süreç olan otoklav

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

sürecine ürün besleme dengesizliği, plan dışı üretim ve hava kargo maliyetlerinde artış gibi olumsuz faktörlerin ortaya çıktığı gözlemlenmiştir.

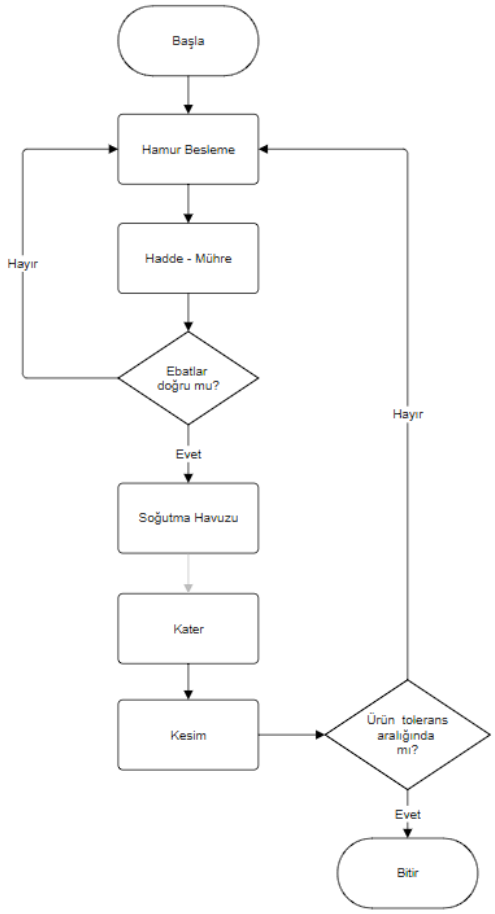
Bu uygulamada, ekstrüzyon sürecindeki veri doğruluğunun arttırılması, çiğ ve şekilli hortum stoklarının, bir personel atanarak düzenli takip edilmesi ile sürekli hale getirilmesi ve kanban sisteminin düzenlenmesi sonrası planlama performansının iyileştirilmesi gerçekleştirilmiştir. Hat hızı ölçümleri hat ortasından hat sonuna çekilmiş, üretim kayıt formları adet cinsinden tek birim olarak takip edilmeye başlanmış, kauçuk hortumlarının yapısı gereği çekme oranları planlama sürecine dahil edilmiş, stok takip rapor sistemi başlatılmıştır. Kanban sistemi, pasif ürünlerin raf sayısı azaltılarak ve sipariş miktarının artacağı öngörülen ürünlerin raf sayısı arttırılarak yeniden düzenlenmiştir. Yapılan iyileştirmeler doğrultusunda ekstrüzyon hattında gerçek kapasite belirlenmiş, stok doğruluğu arttırılmış ve üretim planlama performansında ciddi oranda iyileşmeler yapılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Çalışma Alanı ve Süreç

Bu çalışma, bir otomotiv yan sanayisine yönelik akışkan transfer sistemi üretimi yapan bir tesisin ekstrüzyon planlama biriminde gerçekleştirilmiştir. Şekil 1’de kauçuk ekstrüzyon hattının temel süreçleri gösterilmektedir. Üretimin başlangıcında yer alan huni aracılığıyla kauçuk hamur ekstrüdere aktarılmaktadır. Mil ve vida hareketleriyle hem ısıtılıp hem yoğrulan hamur akışkan hale getirilmektedir. Malzeme daha sonrasında hadde ve mühre adı verilen kalıplarla istenilen iç çap ve dış çap parametrelerine dönüştürülmektedir. Kalıptan geçirilen ürün daha sonrasında soğutma havuzundan geçerek ölçümsel olarak standartlık kazanmaktadır. Ekstrüder hattında yer alan lazer ve ultrasonik ölçüm cihazlarıyla çap, iç çap, et kalınlığı, ovallik ve yüzey kalitesi kontrol edilmektedir. Ardından hattın belirli yerlerinde yer alan kater adı verilen çekme üniteleri ürünün sabit hızda ilerlemesini sağlamaktadır. Hat sonundaki kater ile birlikte hortum üretim çeşidine göre kesim veya sarım ünitesine yönlendirilmektedir. Bu şema kauçuk ekstrüzyon sürecinin çok aşamalı sürecini göstermektedir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4



Şekil 2. Ekstrüzyon Hattı Akış Şeması

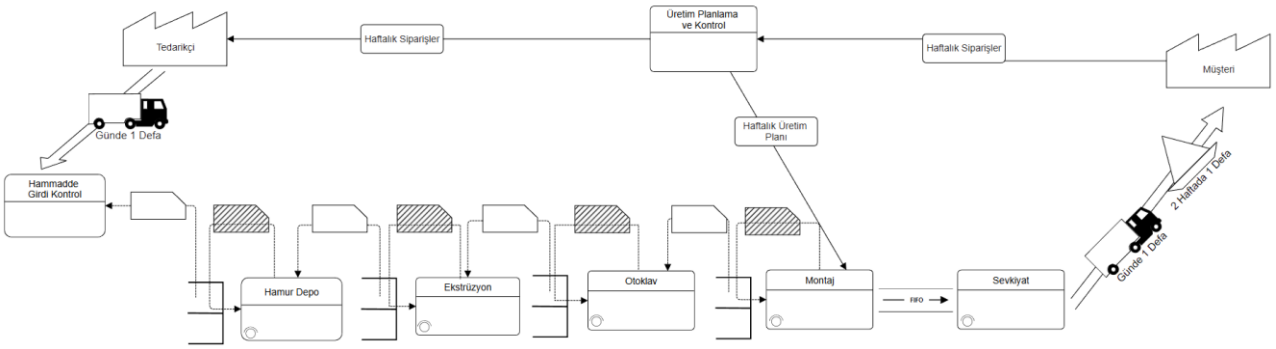
İşletmenin ekstrüzyon bölümünde iki ekstrüder hattı bulunmakta ve ekstrüder hatlarında işler bölünememektedir. İncelenen iki ekstrüder makineleri bu çalışmada B Ekstrüder Makinesi ve C Ekstrüder Makinesi olarak tanımlanmaktadır.

Çekme sistemi, ürünlerin yalnızca bir sonraki sürecin ihtiyaç duyduğu zaman üretim yapmasını sağlayan malzeme akış yöntemidir. Çekme sisteminde ürünler, bir sonraki sürecin ihtiyaç duyduğunda aktarılıp, her süreç ürünü ancak bir sonraki sürecin kabul edebilecek durumda olduğu zaman gönderir ve bir önceki süreçten yeni ürün talep eder (Altun, K. & Göleç, A., 2011).

İşletmenin çekme sistemi Şekil 2'de gösterilmektedir. Müşteriden gelen sipariş talepleri üretim planlama birimine aktarılmaktadır. Müşterinin talebi doğrultusunda ihtiyaç duyulan ürünlerin üretilmesi için, depoda ilgili ürünlerin mevcut olmadığı bilgisi montaj bölümüne iletilmektedir. Montaj bölümü, üretimi gerçekleştirmek için otoklav kanbanından ilgili ürünleri çekmektedir. Otoklav kanbanından çekilen ürünlerin yeniden üretilmesi için, bir önceki süreç olan ekstrüzyon bölümünün kanbanından çiğ hortumlar alınarak şekillendirme işlemi yapılmaktadır.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Ekstrüzyon bölümündeki çiğ hortum kanbanın azalması sonucunda, ekstrüzyon birimi tedarikçiden hammadde tedarik ederek kauçuk hortumların üretimini gerçekleştirdikten sonra çiğ kanbana üretilen ürünleri yerleştirmektedir.



Şekil 3. İşletmenin Çekme Sistemi

2.2. Üretim Planlama Süreci

İşletmenin üretim planlama süreci, hem tedarikçiden gelecek olan hammaddenin planlama sürecini hem de üretim hatlarındaki iş sıralamasını ve üretim miktarlarının belirlenmesini çift yönlü bir şekilde yürütülmektedir. Planlama birimi, hammadde ihtiyacına ve stok seviyelerine göre tedarik süreçlerinin tahminlerini yönetirken, üretimde tarafında ise planlanan miktarlar günlük üretim kayıt formları, hat hızları ve operatör kayıtları ile karşılaştırılarak kontrol edilmektedir. İşletmedeki üretim verileri hem metre hem de adet birimlerinde kaydedildiği için planlama hesaplarında birim dönüşümleri yapılmak zorunda kalınmaktadır.

Stok verileri, çiğ ve şekilli stok verilerinin günlük olarak güncellenip planlamaya entegre edilmesi ile hem malzeme tedariki hem de stok seviyelerine göre üretim planlanmaktadır. Planlanan ile üretim arasındaki farkların günlük olarak kontrol edilmesi ve kapasite planlamasında güncellemelerin daha hızlı yapılmasına imkân sağlamaktadır.

2.3. Veri Toplama ve Ölçüm Yöntemi

İş akış sürelerinin düzenli bir şekilde takip edilmesi, işletme faaliyetlerini kontrol edebilmek ve verimliliği arttırarak sürdürülebilir kılınmasında temel rol oynamaktadır (Ayaz Dertli, M., 2024).

Bu uygulamada, ekstrüder makinelerin süreç performansının gözlenmesi amacıyla planlanan ve gerçekleşen üretim verileri düzenli olarak toplanmaktadır. Bu veriler; planlanan üretim, gerçekleşen üretim, ürüne göre makinelerin hat hızı, hammadde çekme oranı ve stok verileri gibi üretim performansını direkt etkileyen parametrelerden oluşmaktadır.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Çalışmada, işletmenin 35-48. haftalar arasında gerçekleşen planlanan ile üretim verileri ele alınmaktadır. Planlanan ile üretim arasındaki sapmalar, ilgili haftalarda gözlemlenen üretimin plana uyumu yüzdesel olarak hesaplanarak belirlenmektedir. Bu şekilde sapmalar, günlük ve haftalık olarak sistematik bir şekilde tespit edilmiştir.

Ekstrüder hatlarındaki hız değişimleri giriş ve çıkış noktasında farklı değerlere sahip olduğu için ölçüm yapılması gereken nokta hat sonudur. Bunun teknik sebebi, ekstrüzyon hatlarının sonunda kater adı verilen çekme ünitesinin hat sonunda bulunmasıdır. Kater, hat hızını belirleyen ekipmandır. Hat ortasındaki soğutma, örme gibi süreçler hat hızında farklılık gösterdiğinden dolayı bu noktalardaki hız verilerine göre plan yapmak doğru bir sonuç vermemektedir. Sonuç olarak hat sonu, üretilen hortumların hattaki tüm süreçlerden geçerek nihai hızına hat sonunda ulaştığı ve gerçek üretim miktarını belirleyen katerin hat sonunda bulunmasından dolayı doğru ölçüm noktasıdır.

Üretim kayıt formlarında yer alan verilerin metre ve adet olarak karışık birimde yazılması makinelerin gerçek kapasite görünürlüğünü ve üretim doğruluğunu zorlaştırmaktadır. Bunun sonucunda “Kauçuk Ekstrüzyon Üretim Detay Formu” kapsamında üretim verileri tek bir kayıt formu üzerinde toplanmaya başlanmıştır. Bu formda, ürünlerin hangi tarihte, hangi vardiyada, ne kadar ve hangi operatör tarafından üretildiği detaylıca kayıt altına alınmaktadır.

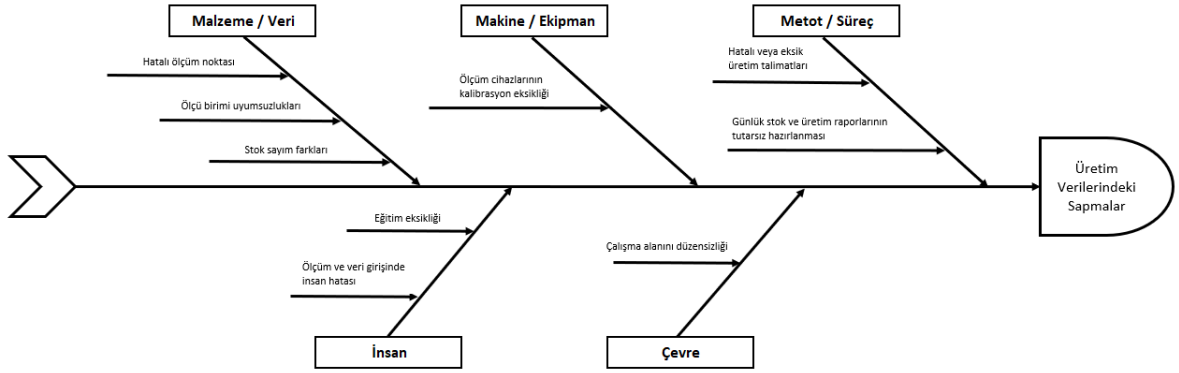
Veri toplama süreçlerinde, planlama dokümanı ve standart üretim takip formları kullanılmaktadır. Ölçümlerde ise takometre adı verilen hız ölçüm cihazı kullanılmaktadır. Takometre, dönen bir milin veya bir sürecin hızını m/dk cinsinden gösteren bir ölçüm cihazıdır.

2.4. Mevcut Durumların Tespiti

Hat hızı ölçümünün yanlış noktadan alınması, hatalı çevrim sürelerinin oluşmasına neden olmaktadır. Planlama sürecinde hammadde çekme oranının dikkate alınmaması, planlama ile üretim arasında sapmalara yol açmaktadır. Çiğ ve şekilli stok takibinin doğru ve güncel yapılmaması, malzeme ihtiyaçlarının net bir şekilde görülememesine neden olmaktadır. Aynı zamanda kanban sisteminde pasif ürünlerin yer alması ve kanbanın düzensiz olması, stok görünürlüğünü zorlaştırmakta ve planlama ile üretim arasında yanlış veri aktarılmasına neden olmaktadır.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Gözlemlenen bu problemler sonucunda kök neden analizi yapılarak Balık Kılçığı diyagramı oluşturulmuş ve diyagram Şekil 3'te sunulmuştur. Balık Kılçığı diyagramı, meydana gelen hataların sebeplerini açıklamak için kullanılan bir iyileştirme aracı olarak kullanılmakta ve bu diyagram ilk defa Kaoru Ishikawa tarafından 1943 yılında uygulanmaktadır (Gitlow vd., 2005).



Şekil 5. Balık Kılçığı Diyagramı

2.5. Uygulanan İyileştirme Adımları

2.5.1. Ölçüm Noktasının ve Hat Hızının Düzenlenmesi

Veri doğruluğunu arttırmak amacıyla C ekstrüder makinesinde hat hızı ölçüm noktası, hat ortasından hat sonuna taşınmıştır. Böylelikle nihai üretim hızını gösteren ölçümler elde edilmiştir. B ekstrüder makinesinde yapılan hat hızı iyileştirmeleri sorasında makine kapasitesi arttırılmıştır.

Çevrim süreleri güncellenerek, planlama süreci gerçek hız değerlerine göre optimize edilmiştir. Bu güncellemeler sonucunda, kapasite, süreç izlenebilirliği ve üretim planlama performansı arttırılmıştır.

2.5.2. Veri Kayıtlarının Standardizasyonu

Üretim kayıt formları güncellenerek veri girişlerinin doğruluğu arttırılmıştır. Üretim takip sürecindeki tüm veriler adet bazında yeniden tanımlanarak tek tip üretim kayıt formu oluşturulmuş ve standart hale getirilmiştir. Güncellenen üretim kayıt formunda üretimi; tarih, vardiya, saat, ebat, hortum kodu, üretim miktarı (ad) lot numarası ve operatör bilgilerini detaylı bir şekilde kapsamakta ve Çizelge 1'de gösterilmektedir. Bu uygulama sonucunda, veri girişlerinde oluşan hesaplama hataları ve tutarsızlıklar gibi problemler giderilmiş, planlama ile üretim arasında veri uyumluluğu arttırılmıştır.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Çizelge 1. Kauçuk Hortum Üretim Detay Formu

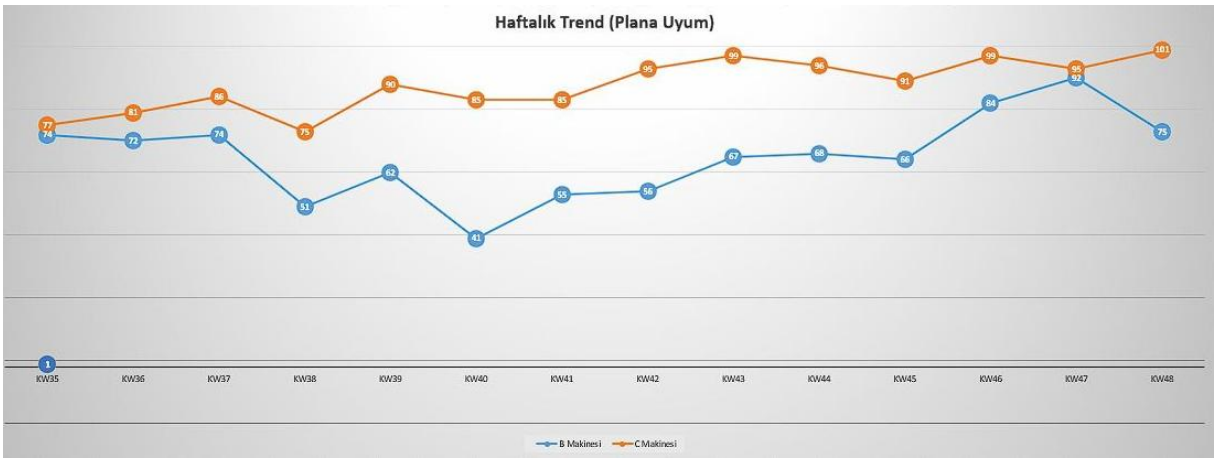
KAUÇUK EKSTRÜZYON ÜRETİM DETAY FORMU						
TARİH	**VARDİYA**	**SAAT**	**EBAT (mm)**	**HORTUM KODU**	**ÜRETİM MİKTARI (ad)**	**OPERATÖR**

Şekil 4'te gösterilen grafikte, 35-48. haftaları kapsayan B ve C ekstrüder makinelerinin plana uyum performansının incelendiği iki önemli çalışmanın sonuçları net biçimde görülmektedir. İlk olarak 42. haftada yapılan analizde hat hızının yanlış ölçüm noktasından alındığı takometre ile tespit edilmiş ve plana uyum oranlarının gerçekte olduğundan çok daha az göründüğü anlaşılmıştır. Hattın sonundaki yer alan katerde görülen gerçek hız, hattın ortasına kıyasla daha yavaştır. Bu durum, geçmiş dönemlerdeki hedeflere ulaşılması imkânsız hale gelmesine yol açmıştır. Bunun sonucunda, hat hızının referans noktası kater olarak güncellenmiş ve planlama verileri üretim kapasitesi doğrultusunda yeniden düzenlenmiştir ve 42. hafta itibarıyla görülen yükseliş, ölçüm noktasının düzeltilmesiyle doğrulanan bu iyileştirmenin doğrudan bir sonucudur.

İkinci olarak, B ekstrüder makinesinde 45. haftadan itibaren hat hızı arttırmaya yönelik iyileştirme çalışması uygulanmış ve bunun sonucunda vardiya sayısı 3'ten 2'ye düşmüştür. Bu iyileştirme, makine kapasitesini arttırarak, daha kısa sürede daha fazla üretim yapılmasını sağlamıştır. Bunun sonucunda B ekstrüder makinesindeki üretimin plana uyum oranı önemli düzeyde artmıştır.

Her iki durum ele alındığında, grafikteki eğilimler süreçteki optimizasyon çalışmalarının üretim ile planlama performansına doğrudan etki ettiğini göstermekte ve veri doğruluğunu sağlamaktadır.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4



Şekil 6. Makinelerin Plana Uyum Grafiği

2.5.3. Stok Takibinin İyileştirilmesi

Üretim süreçlerindeki çiğ ve şekilli stok verilerinin doğru izlenebilmesi için stokçu personel görevlendirilmiştir. Stoklar günlük olarak takip edilecek şekilde güncellenmiştir. Bu doğrultuda stok görünürlüğü arttırılmıştır.

Çiğ üretimi tamamlanan hortumların zaman içerisinde boylarında kısalma olduğu gözlemlenmiş ve 8 saatlik bekleme süresi sonucunda çekme durumunun tamamlandığı tespit edilmiştir. Hortumlarda meydana gelen çekme oranı dikkate alınarak, boy parametre bilgilerinin bulunduğu doküman güncellenmiştir. Üretimi yapılan hortumların boyları, kodları, çiğ boyları ve tolerans aralıkları Çizelge 2'deki dokümanda detaylı olarak gösterilmektedir. Bu uygulama sonucunda, stok bilgileri ve hammadde çekme oranları planlama sürecine entegre edilerek malzeme ihtiyacının doğruluğu arttırılmıştır.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Çizelge 2. Ekstrüder Boy Parametreleri

EKSTRÜDER BOY PARAMETRELERİ					
S. NO	**EBAT (mm)**	**HORTUM KODU**	**KASA İÇİ MİKTAR (ad)**	**ÇİĞ BOY (mm)**	**TOLERANS (mm)**
1	7,0x2,0	1	480	84	±3
2	7,0x2,0	2	480	87	±3
3	7,0x2,0	3	360	129	±3
4	7,0x2,0	4	360	130	±3
5	7,0x2,0	5	240	254	±3
6	7,0x2,0	6	240	246	±3
7	7,0x2,0	7	120	320	±3
8	7,0x2,0	8	480	110	±3
9	7,0x2,0	9	240	179	±3
10	7,0x2,0	10	240	243	±3
11	7,0x2,0	11	240	193	±3
12	7,0x2,0	12	240	191	±3
13	7,0x2,0	13	240	223	±3
14	7,0x2,0	14	120	274	±3
15	7,0x2,0	15	600	96	±3
16	7,0x2,0	16	480	108	±3
17	7,0x2,0	17	360	142	±3
18	7,0x2,0	18	480	115	±3
19	7,0x2,0	19	600	90	±3
20	7,0x2,0	20	600	62	±3
21	7,0x2,0	21	480	101	±3
22	7,0x2,0	22	480	113	±3
23	7,0x2,0	23	120	382	±3
24	7,0x2,0	24	120	421	±3
25	7,0x2,0	25	120	409	±3
26	7,0x2,0	26	120	299	±3

2.5.4. Kanbanın Düzenlenmesi

Kanban sisteminde bulunan pasif ürünlerin bulunduğu raflar kaldırılmış ve gereksiz stok görünürlüğü giderilmiştir. Haftalık toplam plan ile boy parametrelerinde belirtilen kasa içi adet miktarları oranlanarak kaç adet kasaya ihtiyaç duyulduğu belirlenip, bu hesaplamaya göre kanban raf sistemi güncellenmektedir. Bu doğrultuda malzeme akışı hızlanmış ve üretim hattında akış sürekliliği arttırılmıştır. Şekil 5 ve Şekil 6'da eski ve yeni kanban sistemi gösterilmektedir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Şekil 7. Eski Kanban Sistemi

Şekil 8. Yeni Kanban Sistemi

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada, akışkan transfer sistemi üretimi yapan bir otomotiv yan sanayi tesisinin ekstrüzyon planlama ile üretim birimleri arasındaki problemler ele alınmış ve süreç iyileştirme çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Yapılan analizler sonucunda, ekstrüzyon bölümünde bulunun B ve C ekstrüder makinelerinin kapasite kullanımını etkileyen en önemli problemler; hatalı hat hızı ölçüm noktası, yanlış ölçülen hat hızları ve tutarsız veri kayıtları olduğu belirlenmiştir. Ölçümlerin ve ölçüm noktasının yeniden düzenlenmesi ve veri doğruluğunun arttırılmasıyla, ekstrüzyon bölümünün öngördüğü 4 vardiyalı sisteme geçilmesi gerektiği düşüncesi yerine 2 vardiyaya geçilerek

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

üretim ihtiyacını karşılayabilecek bir kapasitede olduğu görülmektedir. Bu sonuç iş gücü planlamasında ve maliyetlerde önemli iyileştirmeler sağlamıştır.

B ekstrüder makinesinde gerçekleştirilen hat hızı iyileştirme çalışması, makinenin performansını etkilemiş ve bunun sonucunda %33 oranında kapasite artışı gerçekleşmiştir. Aynı zamanda, incelenen hafta aralığında 45. Hafta itibarıyla B ekstrüder makinesinde 2 vardiya çalışma sistemine geçilmesiyle üretimin plana uyumu %20 oranında artmış ve planlama ile üretim arasındaki ilişki daha tutarlı bur hale gelmiştir.

C ekstrüder makinesinde gerçekleştirilen hat hızı ölçüm noktası iyileştirme çalışması, üretimin plana uyumu %15 oranında artmıştır. Bu iyileştirme sonucunda, ölçüm noktasının doğru noktadan alınması üretim planlama performansını doğrudan etkilediğini göstermiş ve ölçüm standartlarının süreçteki önemi net bir şekilde ortaya çıkmıştır.

Yapılan incelemeler sonucunda, kauçuk hortumların üretim sonrasında çekme oranını dikkate alacak bir bekleme süresi olduğu ve çekme durumunu 8 saatte tamamlandığı gözlenmiştir. 8 saatlik bekleme sonucunda kauçuk hortumlarda %10 oranında bir çekme olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, kauçuk ürünlerin metre cinsinden kaydedilmesi ciddi sorunlara sebep olduğunu göstermiştir. Üretim kayıtlarının adet cinsinden alınması gerektiğini ortaya koymuştur. Bunun sonucunda, veri tutarlılığında ve üretim performansında gerçek görünürlük artmıştır.

Ürünlerin kesici katerlerle kasalara adet cinsinden aktarılması, sonraki süreçlerdeki iş yükünü hafifletmiştir. Bu düzenleme sonucunda, hizar kesim bölümünde bulunan operatörün iş yükü ciddi seviyede azalmış ve kesim süreci 3 vardiyadan 1 vardiyaya geçilebilecek düzeyde daha verimli hale gelmiştir.

Stok verilerindeki doğruluğu sağlayabilmek için çiğ ve şekilli ürünleri düzenli takip edecek bir stok sorumlusu görevlendirilmiş ve gereksiz üretimin önüne geçilmiştir. Bu uygulama sonucunda, planlama ile üretim arasında daha doğru bir veri akışı gerçekleşmeye başlamıştır.

Kanban sisteminin güncellenmesiyle, pasif ürünlerin bulunduğu raflar azaltılmış ve aktif ürünlerin stok seviyeleri arttırılmıştır. Bu uygulama sonucunda, stok taşıma maliyetleri düşmüş, süreçler arası akış artmış ve beklemeler azalmıştır. Ayrıca bu uygulama sayesinde, çiğ ürün bekleme kapasitesi arttırılarak üretim akışı dengeli hale gelmiştir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Hazırlık sürelerinin azaltılmasıyla, kesintisiz üretim periyotlarına geçilmiştir. Planlama doğruluğunun artması ve gereksiz veri kayıtlarının ortadan kaldırılması sonucunda, hazırlık süreleri dışı duruşlar ortadan kaldırılmıştır. Bu doğrultuda hem ekstrüzyon bölümünün verimliliği artmış hem de haftalık üretim kapasitesinin daha stabil olması sağlanmıştır.

Planlama doğruluğunun arttırılması ve gerçek kapasite görünürlüğünün arttırılması sayesinde işletmedeki pazar mesaileri iptal edilmiştir. Sonuç olarak yapılan iyileştirmelerin kapasiteyi arttırdığını ve işletmenin daha verimli bir üretim düzenine geçtiğini göstermektedir.

Çalışma sonucunda, planlama ile üretim arasındaki sapmaların giderilmesinin süreç iyileştirmelerinde önemli ölçüde belirleyici olduğu görülmüştür. Hat hızı ölçümlerinin standart yapılması, stokların güncel tutulması ve kanban iyileştirmesi sonucunda kapasite kullanımı ve üretimin plana uyumu önemli ölçüde artmıştır.

Veri doğruluğunun artması sonucunda, planlama güvenilirliği artmış, stok fazlası ürünlerin üremi engellenmiş ve üretim akışı iyileşmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, işletmenin başlangıçta 4 vardiya sistemine geçişin gereksiz olduğu, 2 vardiya sistemiyle aynı üretim hedeflerine ulaşılabileceği tespit edilmiştir. Bu durum iş gücü planlamasında ve maliyetlerde olumlu sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır.

Sonuç olarak, yapılan bu iyileştirmeler; güncel veri, doğru ölçüm ve çekme sistemi uygulamasının üretim verimliliğini olumlu yönde etkilediğini göstermiştir. İşletmelerde yapılacak bu gibi iyileştirme çalışmaları ile daha sürdürülebilir ve kontrollü bir üretim yapısına ulaşılabileceği düşünülmektedir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Kaynakça

Altun, K., & Göleç, A., *Üretim Kontrol Sistemlerini Kıyaslayıcı Bir Benzetim Çalışması,* Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Kayseri, 27(2), 2011.

Ayaz Dertli, M., *Otomotiv Tedarikçisi Olan Bir Firmada Çok Modelli Hat Üzerinde Montaj Hattı Dengeleme Çalışması*, UMÜFED Uluslararası Batı Karadeniz Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, Haziran, 6(1), 2024.

Gitlow, H. S., Oppenheim, A. J., Oppenheim, R. & Levine, D. M., *Quality Management*, New York, McGraw Hill-Third Edition, 2005.

Güngör, F., & Akkaya, M., *Seri Üretim Hattında, Kapasite Dengeleme ve Verimlilik Artışının Birim Maliyete Etkisi ve Bir Uygulama*, 11. Ulusal İşletmecilik Kongresi, Konya Selçuk Üniversitesi, Konya, 999-1004, 2012.

Yavuz Erkek, M., *Kauçuk Ürünlerin Gerilme Gevşeme Davranışının Modellenmesi, Analizi ve Optimizasyonu,* Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 2018.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

GIDALARDA POLEN KULLANIMI, FONKSİYONEL VE TEKNOLOJİK ETKİLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Fadime Seyrekoğlu
Amasya Üniversitesi, fadime.tokatli@amasya.edu.tr - 0000-0001-9787-4115

Dr. Öğr. Üyesi Beril Kocaman
Amasya Üniversitesi, beril.kocaman@amasya.edu.tr - 0000-0003-1230-3714

Dr. Öğr. Üyesi Ebru Batı Ay
Amasya Üniversitesi, ebru.bati@amasya.edu.tr - 0000-0002-9210-6907

ÖZET

Polen, sahip olduğu zengin besin içeriği, biyoaktif bileşen profili ve işlevsel özellikleri sayesinde gıda bilimi ve teknolojisi alanında son yıllarda giderek artan bir ilgiyle araştırılmaktadır. Polen; proteinler, esansiyel amino asitler, vitaminler, mineraller, fenolik bileşikler ve doğal pigmentler bakımından oldukça zengin bir yapıya sahiptir. Bu nedenle farklı gıda ürünlerinde besin değerini artırıcı, fonksiyonel özellik kazandırıcı ve teknolojik iyileştirme sağlayıcı bir bileşen olarak kullanılma potansiyeli yüksektir. Polenin unlu mamuller, süt ürünleri, içecekler, atıştırmalıklar ve et ürünlerinde kullanımına yönelik yapılan çalışmalar, ürünlerin antioksidan kapasitesinin arttığını, besinsel değerlerinin iyileştiğini ve fonksiyonel özelliklerinde önemli gelişmeler gözlendiğini bildirmektedir. Ayrıca polen ilavesi, ürünlerin renk, aroma, doku gibi duyusal parametrelerinde olumlu değişimlere yol açabilmekte; tüketici beğenisinin artmasına katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte polenin kendine özgü yoğun renk ve aroma yapısı bazı ürünlerde formülasyon optimizasyonu ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Polen kullanımına ilişkin yapılan güncel araştırmalar, mikrokapsülleme, enzimatik modifikasyon ve fermente ürünlerde fonksiyonel zenginleştirme gibi yenilikçi teknolojilerle polenin stabilitesinin ve biyoerişilebilirliğinin artırılabileceğini göstermektedir. Bu özet, polenin gıdalarda kullanımına dair güncel yaklaşımları, teknolojik etkilerini ve fonksiyonel katkı potansiyelini ele alarak, fonksiyonel gıda üretiminde doğal bir zenginleştirici olarak öneminin arttığını vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Polen, Fonksiyonel Gıdalar, Antioksidan Özellikler

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

USE OF POLLEN IN FOODS, FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL EFFECTS

ABSTRACT

Pollen has gained significant attention in the field of food science and technology due to its rich nutritional composition, diverse bioactive components and wide range of functional properties. As a natural source of proteins, essential amino acids, vitamins, minerals, phenolic compounds and pigments, pollen offers substantial potential as a functional ingredient in various food applications. Numerous studies have demonstrated that the incorporation of pollen into bakery products, dairy foods, beverages, snacks and meat products can enhance their antioxidant capacity, improve nutritional quality and contribute to the development of value-added foods. Additionally, pollen supplementation has been shown to positively influence sensory attributes such as color, aroma and texture, thereby supporting increased consumer acceptability. However, due to its strong natural pigments and distinct aroma profile, formulation adjustments may be required to achieve desirable product characteristics in certain food matrices. Recent research highlights emerging approaches such as microencapsulation, enzymatic modification and fermentation-based enrichment strategies to improve the stability and bioavailability of pollen in food systems. This abstract provides an overview of current findings related to the use of pollen in foods, emphasizing its growing importance as a natural functional enhancer for the development of innovative and health-promoting food products.

Keywords: Pollen, Functional Foods, Antioxidant Properties

1. GİRİŞ

Arı poleni, bal arılarının çiçekli bitkilerden topladığı ve kovan ortamında nektar ile arı salgılarıyla zenginleştirdiği, besin değeri yüksek bir arı ürünüdür. Sahip olduğu zengin ve karmaşık biyoaktif bileşen profili nedeniyle, polen günümüzde "tam gıda" niteliğiyle anılmakta ve fonksiyonel gıda formülasyonlarında kullanımı hızla artan bir ilgi odağı haline gelmektedir. Bu derleme, polenin kimyasal yapısını, gıda teknolojisi süreçlerindeki işlevsel özelliklerini ve insan sağlığı üzerindeki terapötik potansiyelini detaylı bir biçimde ele almayı hedeflemektedir. Polenin temel bileşenleri arasında, esansiyel aminoasitler içeren yüksek protein fraksiyonları, karbonhidratlar, lipitler, vitaminler, mineraller ve özellikle güçlü antioksidan kapasite sağlayan fenolik bileşikler, flavonoidler ve karotenoidler yer almaktadır [1-3]. Gıda mühendisliği uygulamaları açısından, polenin çözünürlük, su ve yağ bağlama kapasitesi ile emülsiyon oluşturma yeteneği gibi teknolojik nitelikleri, onu çeşitli gıda matrislerine entegre etmek için önemli bir potansiyel sunmaktadır [1]. Ayrıca, in vitro ve in vivo çalışmalar, polen ekstraktlarının antimikrobiyal, antioksidan, antiinflamatuar ve antikanser gibi çeşitli biyolojik aktivitelere sahip olduğunu ortaya koymaktadır [3]. Polenin gıda matrislerine entegrasyonu, özellikle et, süt ve tahıl ürünlerinde kaliteyi ve fonksiyonelliği artırma potansiyeli taşımaktadır. Ancak, polen tanesinin dış katmanı olan eksinin sert yapısı, besin öğelerinin biyoyararlanımını düşüren temel bir engel teşkil etmekte ve bu durum, sindirilebilirliği artıracak yenilikçi işleme tekniklerinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır [2]. Bu çalışma, polenin fonksiyonel gıda

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

bileşeni olarak değerini vurgulamakta ve gıda sanayisinde daha verimli kullanımı için gelecekteki araştırma stratejilerine yön vermektedir.

Tüketici bilincinin sağlıklı beslenme yönünde evrilmesi, son dönemde doğal kaynaklı ve biyoaktif içeriği zengin gıda bileşenlerine olan talebi artırmıştır. Bu bağlamda, arı ürünleri, özellikle de polen, dikkat çekici bir doğal kaynak olarak öne çıkmaktadır. Polen, çiçekli bitkilerin erkek gametlerini taşıyan taneciklerin, bal arıları tarafından toplanıp, nektar ve arı salgılarıyla pekiştirilerek kovan içerisinde depolanmasıyla elde edilen bir maddedir [3].

Polenin kimyasal kompozisyonu, kaynağı olan bitki türüne, coğrafi konuma ve mevsimsel koşullara göre değişkenlik göstermekle birlikte, genel olarak yaşam için gerekli temel makro ve mikro besin öğelerinin tamamını barındırır. Bu kapsamlı içerik, poleni hem arı kolonileri hem de insan beslenmesi için kritik bir kaynak haline getirmektedir [2]. Polenin yapısında su, proteinler, serbest aminoasitler, karbonhidratlar, lipitler, esansiyel yağ asitleri, vitaminler (özellikle A, C, E) ve minerallerin yanı sıra, yüksek konsantrasyonlarda fenolik bileşikler, flavonoidler ve karotenoidler gibi biyoaktif moleküller bulunmaktadır [1] [3].

Bu derleme çalışması, arı poleninin gıda endüstrisinde fonksiyonel bir katkı maddesi olarak kullanım potansiyelini, bu potansiyeli destekleyen kimyasal ve teknolojik özelliklerini ve sağlık üzerindeki kanıtlanmış terapötik etkilerini incelemektedir. Elde edilen bilimsel veriler, polenin gıda matrislerine başarılı bir şekilde entegrasyonu ve yeni nesil fonksiyonel gıda ürünlerinin geliştirilmesi için bir temel oluşturmayı amaçlamaktadır.

Bu derleme, arı poleninin gıda uygulamaları ve biyofonksiyonel etkileri alanındaki güncel bilimsel literatürün sentezlenmesi yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Polenin kimyasal bileşimi, gıda teknolojisi açısından kritik fonksiyonel özellikleri (çözünürlük, su/yağ tutma kapasitesi, emülsifikasyon) ve sağlık üzerindeki biyolojik etkileri (antioksidan, antimikrobiyal, antiinflamatuar) ana başlıkları altında incelenmiştir. Toplanan veriler, polenin gıda endüstrisindeki mevcut ve gelecekteki kullanım olanaklarını değerlendirmek üzere sistematik bir analizden geçirilmiştir.

1.1. Polenin Kimyasal Kompozisyonu ve Besin Değeri

Arı poleni, doğal kaynaklı besinler arasında en zengin içeriğe sahip olanlardan biri olarak kabul edilmektedir. Polenin protein içeriği, kuru ağırlık bazında %7 ile %35 arasında geniş bir aralıkta değişmekte ve bu proteinler, insan beslenmesi için gerekli olan tüm esansiyel aminoasitleri sağlamaktadır [2]. Karbonhidratlar, polenin kuru kütlesinin yaklaşık %15 ila %50'sini oluştururken, %1 ila %10 arasında değişen lipit içeriği, özellikle esansiyel yağ asitleri açısından zengin bir profil sunmaktadır [1].

Polenin fonksiyonel özelliklerini belirleyen en önemli bileşen grubu, biyoaktif moleküllerdir. Fenolik bileşikler, flavonoidler ve karotenoidler, polenin yüksek antioksidan aktivitesinin temelini oluşturur [3]. Bu bileşikler, serbest radikalleri etkisiz hale getirerek oksidatif stresi hafifletme ve kronik hastalıklara karşı koruyucu etki gösterme potansiyeline sahiptir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

1.2. Polenin Gıda Teknolojisi Açısından İşlevsel Özellikleri

Polenin gıda sistemlerine entegrasyonu, yalnızca besinsel katkısından değil, aynı zamanda gıda matrisi içindeki teknolojik davranışından da etkilenmektedir. Eşerler ve ark. (2023) tarafından yapılan kapsamlı bir derleme, polenin gıda teknolojisi uygulamaları için kritik öneme sahip olan çözünürlük, su ve yağ bağlama kapasitesi ve emülsifikasyon gibi işlevsel niteliklere sahip olduğunu belirtmektedir [1].

Çözünürlük: Sıvı gıdalara ve içeceklere kolay ve homojen dağılım.

Su Bağlama Kapasitesi: Fırıncılık ürünlerinin nem içeriğini artırma ve raf ömrünü uzatma.

Yağ Bağlama Kapasitesi: Et ve sos bazlı ürünlerde lezzet tutulumunu ve dokusal yapıyı iyileştirme.

Emülsiyon Oluşturma: Salata sosları, krema ve mayonez gibi ürünlerin stabilizasyonunu sağlama.

Bu işlevsel nitelikler, polenin sadece bir besin takviyesi olmanın ötesinde, gıdaların yapısal bütünlüğünü ve duyusal kabul edilebilirliğini artıran doğal bir bileşen olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

1.3. Polenin Biyolojik ve Terapötik Etkileri

Polenin zengin biyoaktif içeriği, ona geniş bir spektrumda biyolojik ve terapötik etkiler kazandırmaktadır. Literatürde öne çıkan başlıca etkiler şunlardır:

Antioksidan Aktivite: Fenolik bileşikler ve flavonoidler sayesinde, polen güçlü bir serbest radikal temizleyicisi olarak işlev görür ve hücresel oksidatif hasarı önler [3].

Antiinflamatuar Özellik: Polenin bazı bileşenleri, inflamasyon süreçlerinde rol oynayan mediyatörlerin salınımını modüle ederek iltihaplanmayı azaltıcı etki gösterebilir [3].

Antimikrobiyal Etki: Polen ekstraktlarının, çeşitli patojen bakteri ve mantar türlerine karşı antimikrobiyal özellikler sergilediği bildirilmiştir [3].

Antikanser Potansiyeli: Bazı araştırmalar, polen özlerinin kanser hücrelerinin proliferasyonunu inhibe etme ve apoptozu (programlanmış hücre ölümü) indükleme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir [1].

Bu etkiler, arı poleninin sadece besleyici bir gıda değil, aynı zamanda hastalık riskini azaltıcı ve sağlığı destekleyici bir biyoaktif bileşen olarak önemini pekiştirmektedir. Hatta, Almanya gibi bazı ülkelerde polen, resmi olarak farmasötik bir ürün olarak tanınmıştır [3].

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

1.4. Polenin Gıda Matrislerine Entegrasyonu

Arı poleni, yüksek besin ve biyoaktif içeriği sayesinde, farklı gıda matrislerine entegre edilerek ürünlerin fonksiyonel değerini artırmaktadır.

1.4.1. Et Ürünleri

Polen, et ürünlerinde özellikle doğal antioksidan ve antimikrobiyal ajan olarak kullanılmaktadır. Et ürünleri, yüksek yağ içeriği nedeniyle oksidatif bozulmaya karşı hassastır. Polen ilavesi, fenolik bileşikler sayesinde ürünlerin oksidatif stabilitesini artırır ve raf ömrünü uzatır [4]. Örneğin, frankfurter sosislere polen tozu eklenmesi, antioksidan potansiyeli ve mikrobiyal güvenliği olumlu yönde etkilemiştir [4]. Benzer şekilde, dana sosislerinde polenin kullanımı, soğuk depolama sırasında kalite kriterlerini iyileştiren bir antimikrobiyal ve antioksidan etki göstermiştir [5].

1.4.2. Süt Ürünleri

Süt ürünleri, polenin besinsel ve fonksiyonel özelliklerini taşıyan ideal matrislerdir. Özellikle yoğurt ve peynir gibi fermente ürünlerde polen kullanımı yaygındır. Polenin yoğurda eklenmesi, ürüne önemli miktarda esansiyel aminoasit katkısı sağlamakta ve probiyotik bakterilerin (örneğin *S. *thermophilus**) canlılığını olumlu yönde etkilemektedir [6] [7]. Polenin içerdiği polifenoller, peynir üretiminde protein ağındaki su tutulumunu azaltarak peynirin duyusal ve fizikokimyasal özelliklerini de değiştirebilmektedir.

1.4.3. Tahıl Ürünleri

Tahıl bazlı ürünler, polenin besin değerini artırmak için sıkça kullanılan bir diğer alandır. Bisküvi ve ekmek gibi ürünlere polen ilavesi, ürünlerin protein, lif ve polifenol içeriğini artırarak besin kalitesini önemli ölçüde yükseltmektedir [9] [10]. Polenin antioksidan özellikleri, bisküvilerin antioksidan kapasitesini belirgin şekilde artırmıştır [9]. Ancak, polen ilavesi ürünlerin rengini koyulaştırabilir ve duyusal kabul edilebilirliği etkileyebilir; bu nedenle optimum kullanım oranlarının belirlenmesi önemlidir [10].

1.4.4. Meyve ve Sebze Ürünleri

Polenin meyve ve sebze bazlı ürünlerdeki uygulamaları, genellikle antioksidan ve besin takviyesi amacıyla yapılmaktadır. Polenin yüksek antioksidan içeriği, meyve suları, smoothieler ve sebze püreleri gibi ürünlerin oksidatif stabilitesini artırarak renk ve besin kaybını yavaşlatma potansiyeline sahiptir. Ayrıca, polenin doğal tatlılığı ve aromatik bileşenleri, bu tür ürünlerin duyusal profilini zenginleştirebilir. Polenin çözünürlük özelliği [1], sıvı formülasyonlara kolay entegrasyonunu desteklemektedir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

1.5. Biyoyararlanım Zorlukları ve İşleme Yöntemleri

Polenin gıdalara entegrasyonunda karşılaşılan en kritik engel, polen tanesinin dış çeperi olan eksin tabakasının yüksek dirençli yapısıdır. Bu tabaka, sindirim enzimleri tarafından parçalanamadığı için, içerideki değerli besin öğelerinin ve biyoaktif bileşiklerin serbest kalmasını ve dolayısıyla vücut tarafından emilimini (biyoyararlanımını) ciddi ölçüde kısıtlamaktadır [2]. Kostić ve ark. (2020), polen kabuğunun varlığının besinlerin biyoyararlanımını %50'nin üzerinde azaltabileceğini belirtmiştir [2].

Bu biyoyararlanım sorununu aşmak amacıyla, polenin öğütülmesi, ultrasonik işlem, fermantasyon ve enzimatik hidroliz gibi çeşitli ön işleme yöntemleri üzerinde yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Bu işlemler, eksin tabakasını mekanik veya kimyasal olarak parçalayarak, polenin içerdiği değerli bileşenlerin serbestleşmesini ve fonksiyonel etkinliğinin maksimize edilmesini sağlamaktadır.

2. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Arı poleni, zengin besin içeriği ve güçlü biyoaktif bileşen profili ile gıda endüstrisi için büyük bir potansiyel sunan doğal bir fonksiyonel gıda kaynağıdır. Özellikle et ürünlerinde doğal koruyucu, süt ürünlerinde probiyotik destekleyici ve tahıl ürünlerinde besin zenginleştirici olarak kullanımı, polenin gıda matrislerine başarılı bir şekilde entegre edilebileceğini göstermektedir. Gıda teknolojisi açısından sunduğu işlevsel özellikler ve kanıtlanmış biyolojik etkiler, polenin sağlıklı beslenme ve hastalıkların önlenmesindeki rolünü güçlendirmektedir.

Gelecekteki çalışmalar, polenin biyoyararlanımını artıracak yenilikçi işleme teknolojilerinin optimizasyonuna ve polenin farklı gıda sistemlerindeki stabilite ve duyusal etkileşimlerinin derinlemesine incelenmesine odaklanmalıdır. Arı poleninin gıdalarda daha yaygın ve verimli kullanımı, hem tüketicilerin sağlıklı gıdalara erişimini artıracak hem de gıda endüstrisine doğal ve fonksiyonel bir hammadde kaynağı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

[1] Eşerler, S., Vardarlı, S., Savaş, G., & Mutlu, C. (2023). Arı poleninin bazı fiziksel, fonksiyonel ve kimyasal özellikleri ve biyolojik etkileri. **Uludağ Arıcılık Dergisi**, **23**(2), 280–295. https://doi.org/10.31467/uluaricilik.1319365

[2] Kostić, A. Ž., Milinčić, D. D., Barać, M. B., Shariati, M. A., Tešić, Ž. Lj., & Pešić, M. B. (2020). The application of pollen as a functional food and feed ingredient—The present and perspectives. **Biomolecules**, **10**(1), 84. https://doi.org/10.3390/biom10010084

[3] El Ghouizi, A., Bakour, M., Laaroussi, H., Ousaaid, D., El Menyiy, N., Hano, C., & Lyoussi, B. (2023). Bee pollen as functional food: Insights into its composition and therapeutic properties. **Antioxidants**, **12**(3), 557. https://doi.org/10.3390/antiox12030557

[4] Novaković, S., Kostić, A. Ž., Milinčić, D. D., Pešić, M. B., & Barać, M. B. (2021). Bee pollen powder as a functional ingredient in frankfurters. *Meat Science*, *177*, 108502. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108502

[5] Sami, R., El-Gharabawy, H., & El-Gharabawy, H. (2024). Bee pollen: an antioxidant and antimicrobial agent for beef sausage. *ResearchGate*. (Yayın bilgisi eksik, ancak atıf için kullanılmıştır.)

[6] Camacho-Bernal, G. I., García-García, R., & García-García, R. (2021). Addition of Bee Products in Diverse Food Sources. *Applied Sciences*, *11*(17), 8156. https://doi.org/10.3390/app11178156

[7] Çiftçi, M., Gürsoy, O., & Gürsoy, O. (2024). The viability of microorganism of probiotic yogurt enriched with bee pollen. *CyTA - Journal of Food*, *22*(1), 1–8. https://doi.org/10.1080/19476337.2024.2319834

[8] Krystyjan, M., Gumul, D., & Gumul, D. (2015). The fortification of biscuits with bee pollen and its effect on physicochemical and antioxidant properties in biscuits. *LWT - Food Science and Technology*, *63*(1), 640–646. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.040

[9] Végh, R., Varga, L., & Varga, L. (2022). Biscuits enriched with monofloral bee pollens: Nutritional properties, techno-functional parameters, sensory profile, and consumer preference. *Foods*, *12*(1), 18. https://doi.org/10.3390/foods12010018

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

BEYAZ ZAMBAK POLENİNİN BİYOAKTİF ÖZELLİKLERİ: FARKLI ÇÖZÜCÜ EKSTRAKTLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Beril Kocaman
Amasya Üniversitesi, beril.kocaman@amasya.edu.tr - 0000-0003-1230-3714

Dr. Öğr. Üyesi Ebru Batı Ay
Amasya Üniversitesi, ebru.bati@amasya.edu.tr - 0000-0002-9210-6907

Dr. Öğr. Üyesi Fadime Seyrekoğlu
Amasya Üniversitesi, fadime.tokatli@amasya.edu.tr - 0000-0001-9787-4115

ÖZET

Bu çalışmada, beyaz zambak poleninin farklı çözücüler kullanılarak elde edilen ekstraktlarının biyolojik aktivite ve fenolik bileşen profillerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Çalışmada ethanol, metanol ve su ekstraktları kullanılarak % DPPH radikal giderme kapasitesi, toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/g DW) ve toplam flavonoid miktarı (mg QE/g DW) belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, üç çözücüde de oldukça yüksek antioksidan aktivite gözlenmiş olup DPPH inhibisyonu ethanol ekstraktında %87.67; metanol ekstraktında %86.83; su ekstraktında ise %87.82 olarak tespit edilmiştir. Bu bulgular, bütün çözücülerin beyaz zambak poleninin güçlü radikal süpürücü kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir. Toplam fenolik madde miktarı çözücüye bağlı olarak önemli farklılık göstermiş; en yüksek değer metanol ekstraktında (1373.39 mg GAE/g DW), ardından su ekstraktında (896.27 mg GAE/g DW) ve ethanol ekstraktında (832.22 mg GAE/g DW) belirlenmiştir. Bu durum metanolün fenolik maddelerin çözünmesinde daha etkili bir ortam sağladığını ortaya koymaktadır. Benzer biçimde toplam flavonoid içeriği de metanol ekstraktında (468.36 mg QE/g DW) en yüksek seviyede bulunmuştur. Ethanol (293.81 mg QE/g DW) ve su ekstraktı (313.81 mg QE/g DW) daha düşük flavonoid verimine sahip olmakla birlikte, çözünürlük açısından suyun ethanol ile benzer düzeyde etkinlik gösterdiği anlaşılmaktadır. Sonuç olarak, beyaz zambak poleninin fenolik ve flavonoid açısından zengin bir doğal kaynak olduğu, özellikle metanol ekstraksiyonunun biyokimyasal bileşenlerin daha yüksek oranda geri kazanımını sağladığı belirlenmiştir. Bu özellikleriyle polen, fonksiyonel gıda geliştirme çalışmalarında güçlü bir biyoaktif bileşen adayıdır.

Anahtar Kelimeler: Beyaz zambak poleni, antioksidan aktivite, toplam fenolik madde, flavonoid, ekstraksiyon

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

BIOACTIVE PROPERTIES OF WHITE LILY POLLEN: EVALUATION OF DIFFERENT SOLVENT EXTRACTS

ABSTRACT

This investigation focused on examining the bioactive characteristics and polyphenolic composition of white lily pollen by applying three distinct extraction solvents: ethanol, methanol, and water. The antioxidant performance of each extract was assessed through the DPPH radical-quenching assay, and their total phenolic (mg GAE/g DW) and total flavonoid (mg QE/g DW) concentrations were also determined. All extracts demonstrated notably strong radical-neutralizing capacities, with inhibition levels recorded as 87.67% for the ethanolic extract, 86.83% for the methanolic extract, and 87.82% for the aqueous counterpart. These outcomes confirm that the pollen maintains a high antioxidative potential regardless of the extraction system employed. Despite the similar DPPH activity, substantial variations emerged in the recovery of phenolic constituents. Methanol enabled the most efficient extraction, yielding 1373.39 mg GAE/g DW, while water produced a moderate amount (896.27 mg GAE/g DW) and ethanol resulted in the lowest value (832.22 mg GAE/g DW). This gradient clearly illustrates methanol's enhanced solvating capacity for phenolic molecules. A comparable trend was detected for flavonoids: the methanol extract contained the highest level (468.36 mg QE/g DW), whereas ethanol (293.81 mg QE/g DW) and water (313.81 mg QE/g DW) yielded lower quantities, with aqueous extraction approaching the efficiency of ethanol. Overall, the results reveal that white lily pollen is an abundant source of phenolic and flavonoid compounds and that methanol is particularly effective in maximizing their extraction. Such biochemical richness underscores the potential of this pollen as a valuable bioactive component in the formulation of functional food products.

Keywords: White lily pollen, antioxidant activity, total phenolic content, flavonoids, extraction

1. INRODUCTION

Lily (*Lilium* sp.), an important member of the *Liliaceae* family, represents one of the most economically valuable groups of perennial bulbous ornamental plants in the global floriculture industry (Zhu et al., 2016; Marasek-Ciolakowska et al., 2018; Arslan et al., 2019). The long-standing popularity of the genus *Lilium* as an ornamental plant is primarily attributed to its large, visually striking flowers, which often possess an intense and characteristic fragrance (Thakur et al., 2006; Samantaray et al., 2024). *Lilium candidum* is commonly known as the "Madonna Lily" or "White Lily" (Özen et al., 2012). The genus *Lilium*, belonging to the *Liliaceae* family, comprises more than 100 species distributed across the temperate regions of the Northern Hemisphere, including East Asia, Europe, and North America (Zhou et al., 2021;

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Lupsor et al., 2025). Recent studies examining the distribution of *Lilium* in the flora of Turkey have clearly demonstrated that the genus is represented by seven species and eight taxa in total (including infraspecific taxa) (İkinci, 2012). *Lilium candidum* L., distinguished as the only species with white flowers among them, is a perennial, monoecious herbaceous plant (Devi et al., 2016).

Propagation of *Lilium* species is generally carried out vegetatively through bulbs; however, a limited number of species can also be propagated generatively via seeds (Kaushik et al., 2022). *Lilium candidum*, one of Turkey's notable biological assets, is also referred to as "Ak Zambak, Beyaz Zambak, Mis Zambak, Desti Zambağı, Mezarlık Zambağı, and Bey Zambağı" in various regions (Davis, 1984; Güneş and Özcan, 2023). This species is particularly adapted to the ecological conditions of the Mediterranean region and is distributed across Aydın, Muğla, Antalya, İstanbul, Balıkesir, Mersin, and Mardin (Aka, 2005; Baytop and Öztekin, 1984).

Lilies (*Lilium* spp.) are widely used not only for ornamental and ceremonial purposes—such as in holiday celebrations, weddings, funerals, and floral arrangements—but also have significant applications in various sectors including medicine, food, landscaping, and the perfume industry (Fitzgerald, 2010; Mammadov et al., 2017). Although *Lilium* species are primarily cultivated for ornamental purposes, they also possess notable medicinal and nutritional properties (Liang et al., 2018; Jin et al., 2012). Despite the documented therapeutic value of *Lilium* species, most studies have focused on a limited number of taxa, resulting in many ornamentals and commercially cultivated varieties remaining insufficiently explored in terms of their phytochemical composition and biomedical relevance (Lupsor et al., 2025). According to various studies, the genus *Lilium* contains diverse chemical constituents—including sterols, saponins, phenylpropanoids, flavonoids, alkaloids, glycerides, polysaccharides, and glycerols—which have been associated with multiple pharmacological activities such as hypoglycemic, antitumor, hypolipidemic, antidepressant, anti-fatigue, antibacterial, hypoxia tolerance, lipid-lowering, and anti-inflammatory effects (Wang et al., 2019). Research has shown that these bioactive compounds constitute major sources for medicinal complexes used in the treatment of numerous diseases (Obmann et al., 2010; Liang et al., 2022; Kaushik et al., 2022).

In recent years, plant extracts have attracted increasing attention within the scientific community due to their antibacterial, antioxidant, anti-aging, UV-protective, and anti-inflammatory properties, which offer significant advantages in the fields of health and beauty. Consequently, they are widely incorporated as active ingredients in cosmetic formulations (Araujo et al., 2022).

A review of the literature reveals that, although studies on the chemical composition and pharmacological properties of the species exist, there are very few investigations examining the physicochemical properties and antimicrobial potential of different organs of *Lilium candidum*, a plant reported to be widely used in ethnomedicine. This study aims to determine the total phenolic, flavonoid and antioxidant activities of extracts obtained from the pollens of the white lily—an economically valuable cut flower, ornamental, and medicinal–aromatic plant—using different solvents. Studying the biological activities of various organs of the white lily is

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

important to raise awareness about its potential use as a functional food ingredient as it can be used for various purposes.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Plant Material and Sample Preparation

Pollen of Lily (Lilium spp.) was obtained from a grower's garden located in Suluova, Amasya, during the 2025 flowering period. The pollen samples, separated from the Lily flowers brought to the laboratory, were first dried in an oven at 40 ± 2 ^{o}C, then ground and homogenized. They were subsequently stored at -18 ^{o}C until analysis.

2.2. Solvent Extraction

Extraction was performed using three different solvents of varying polarity: methanol, distilled water, and ethanol. For each extraction, 1.0 g of powdered tuber sample was mixed with 10 mL of the respective solvent in a sealed centrifuge tube. The mixtures were agitated on a rotary shaker at 120 rpm for 24 hours at room temperature. After extraction, the samples were centrifuged at 5000 rpm for 15 minutes, and the supernatants were filtered through Whatman No. 1 filter paper. The filtrates were stored at 4°C in amber vials for further phytochemical analyses.

2.3. Determination of Total Phenolic Content (TPC)

The total phenolic content of the extracts was quantified using the Folin–Ciocalteu colorimetric method with minor adjustments. In this procedure, 0.5 mL of the extract was combined with 2.5 mL of 10% Folin–Ciocalteu reagent and kept for 5 minutes. Subsequently, 2 mL of a 7.5% sodium carbonate (Na_2CO_3) solution was added, and the mixture was incubated for 30 minutes at room temperature in the dark. Absorbance was recorded at 765 nm using a UV-Vis spectrophotometer. Gallic acid served as the calibration standard, and the phenolic content was expressed as milligrams of gallic acid equivalents per gram of dry weight (mg GAE/g DW) (Singleton et al., 1999).

2.4. Determination of Total Flavonoid Content (TFC)

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Total flavonoid content was determined using the aluminum chloride ($AlCl_3$) colorimetric method. For this analysis, 1 mL of the extract was mixed with 4 mL of distilled water and 0.3 mL of a 5% $NaNO_2$ solution. After a 5-minute waiting period, 0.3 mL of 10% $AlCl_3$ was added and the mixture was incubated for an additional 6 minutes. Subsequently, 2 mL of 1 M NaOH and 2.4 mL of distilled water were introduced. The absorbance was measured at 510 nm. Quercetin served as the reference standard, and the results were expressed as milligrams of quercetin equivalents per gram of dry weight (mg QE/g DW) (Chang et al., 2002).

2.5. DPPH Radical Scavenging Activity

The antioxidant activity of the extracts was evaluated using the DPPH (2.2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical scavenging assay. In this method, 1 mL of each extract was mixed with 3 mL of a 0.1 mM DPPH solution prepared in methanol. The reaction mixture was then incubated for 30 minutes in the dark at room temperature (Brand-Williams et al., 1995). Absorbance was measured at 517 nm, and the DPPH radical scavenging percentage was calculated using the following formula:

$$\text{Inhibition (\%)} = \left(\frac{A_0 - A_s}{A_0}\right) \times 100$$

where A_0represents the absorbance of the control (DPPH solution without extract) and $A_s$denotes the absorbance of the sample

2.6. Statistical Analysis

All experiments were conducted in triplicate, and results were expressed as mean ± standard deviation (SD). One-way analysis of variance (ANOVA) was applied to evaluate significant differences among extraction solvents for each parameter. Post-hoc comparisons were performed using Tukey's Honestly Significant Difference (HSD) test at a significance level of $p < 0.05$.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Total Phenolic Content (TPC)

The total phenolic content (TPC) of lilium pollen extracts varied significantly depending on the type of solvent used ($p < 0.05$, Tukey HSD). Among the three solvents tested, methanol extract exhibited the highest phenolic content (1373.39 mg GAE/g DW), followed by water (896.27 mg GAE/g DW) and ethanol (832.22 mg GAE/g DW) (Table 1).

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Table 1. Total phenolic content, total flavonoid content and DPPH Radical Scavenging Activity of pollen extract at different solvents

Parameter	Solvent Type		
	Methanol	Ethanol	Water
Total Phenolic Content (TPC)	1373.39a	832.22c	896.27b
Total Flavonoid Content (TFC)	468.36a	293.81c	313.81b
DPPH Radical Scavenging Activity	86.83	87.67	87.82

TPC = Total Phenolic Content (expressed as mg gallic acid equivalents per gram dry weight, mg GAE/g DW); TFC = Total Flavonoid Content (expressed as mg quercetin equivalents per gram dry weight, mg QE/g DW); DPPH = 2.2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging assay; Tukey grouping indicates statistically significant differences between solvents ($p < 0.05$).

In a study using different solvents on grape by-products, it was determined that although methanol has a lower capacity to extract total soluble solids compared to ethanol, it provides higher yield in the extraction of phenolic compounds (Pinelo et al., 2005). Similarly, in a study conducted by Anokwuru et al. (2011) on *Acalypha wilkesiana* leaves, various solvents were compared, and it was reported that the highest TPC value was obtained in methanol extracts. This finding supports the notion that methanol exhibits higher efficiency than other solvents in the extraction of phenolic compounds and once again highlights the decisive role of solvent polarity in phenolic compound yield. Analyses conducted on extracts obtained from sunflower ray flowers reveal that the TPC value determined using the Folin–Ciocalteu method was highest in the methanol extract, demonstrating that methanol exhibits superior performance in the extraction of phenolic compounds (Ye et al., 2015). The results of our study are consistent with similar findings reported in the literature for different plant species. Studies show that extraction efficiency, antioxidant activity and polyphenol content obtained are dependent not only on the extraction method applied but also on the type of solvent used (Shalaby and Shanab, 2013; Vieito et al., 2018; Tahirović et al., 2018; Kobus-Cisowska et al., 2020; El Mannoubi, 2023).

3.2. Total Flavonoid Content (TFC)

In line with the trend observed in phenolic content, the methanol extract showed the highest total flavonoid content (TFC) at 468.36 mg QE/g DW, followed by water (313.81 mg QE/g DW) and ethanol (293.81 mg QE/g DW) extracts (Table 1). In our study, the fact that extracts obtained with methanol had higher TPC and TFC values compared to other solvents indicates that methanol is a more effective solvent for the extraction of phenolic and flavonoid compounds. Similarly, the literature reports that the effect of solvent types on TFC parallels their effect on TPC. This supports the notion that solvent polarity plays a decisive role in the extraction yield of phenolic and flavonoid compounds and that methanol, in this respect, provides higher solubility, thereby increasing the biochemical content of the extracts (Do et al., 2014). Similarly, in a study conducted by Butsat and Siriamornpun (2016) on Amomum chinense leaves, it was reported that all extraction conditions statistically significantly ($p < 0.05$) affected the phenolic and flavonoid contents, and the highest values were obtained using methanol, ethanol, acetone, and distilled water, respectively.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

3.3. DPPH Radical Scavenging Activity

The antioxidant potential of the extracts, determined by their DPPH radical scavenging activity, does not correlate with the trends observed in TPC and TFC values. The highest antioxidant activity was determined in the water extract (87.82%), followed by the ethanol (87.67%) and methanol (86.83%) extracts (Table 1). However, these differences between solvents were not found to be statistically significant ($p < 0.05$). Nevertheless, although it was determined that antioxidant values were not statistically affected by solvent type, the results revealed a performance ranking of water > ethanol > methanol, indicating that water exhibited a slight superiority over other solvents in DPPH radical scavenging. Similarly, in a study conducted on Opuntia stricta fruits, DPPH analysis results showed that ethanol exhibited a higher radical scavenging capacity compared to methanol. These findings suggest that antioxidant activity is influenced not only by phenolic content but also by the interaction of the solvent with the target compounds (El Mannoubi, 2023). The results obtained in a study conducted on blackthorn fruit extracts (*Prunus spinosa*) contradict the findings of our current study. The study found that antioxidant activity reached its highest values in extracts obtained with 50% ethanol, while the water extract exhibited the lowest antioxidant activity values (Tahirović et al., 2018). In a study focusing on pine bark (*Pinus pinaster subsp. atlantica*) extracts, TPC and Antioxidant Activity values were determined using water, water/ethanol (1:1, v/v) mixture, and pure ethanol as solvent systems. As a result of these analyses, the highest extraction yield and activity were obtained with the water/ethanol mixture, and the overall performance of the solvents was reported as water/ethanol > ethanol > water (Vieito et al., 2018). The study conducted by Shalaby and Shanab (2013) reported that the highest antioxidant activity was observed in the pure methanol extract, followed by the 50% aqueous methanol extract. This finding contradicts the results obtained in our study.

4. CONCLUSION

In this study, the bioactive compound profile and antioxidant potential of *Lilium candidum* extracts were assessed. Overall, the results reinforce the prevailing view in the literature that phenolic and flavonoid contents, as well as antioxidant activity, vary depending on the solvent used. Among the solvents tested, methanol exhibited the highest extraction efficiency, followed by water and ethanol. The methanolic extract yielded the highest Total Phenolic Content (TPC) (1373.39 mg GAE/g DW) and Total Flavonoid Content (TFC) (468.36 mg QE/g DW).
These findings demonstrate that, beyond the commonly studied bulbs, other parts of the plant are also rich sources of polyphenols and various phytochemicals. Given that the bulbs of this endangered species are often harvested unsustainably from natural habitats and that seed-based propagation presents genetic and environmental risks, the valorization of alternative plant parts holds significant importance for environmental sustainability.

In conclusion, *Lilium candidum* extracts—including pollen—emerge as promising candidates for use in cosmetic formulations, antioxidant preparations, and pharmaceutical supplements due

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

to their high antioxidant activities, thereby providing a strong foundation for future investigations.

5. REFERENCES

Aka, G. E. *Balıkesir çevresinde doğal yayılış gösteren" Zarar görebilir" kategorideki Lilium candidum L.(liliaceae)'da RAPD tekniği kullanarak genetik çeşitliliğin belirlenmesi ve koruma stratejilerinin geliştirilmesi*, Master's thesis, Balikesir University, Turkey, 2005.

Anokwuru, C. P., Anyasor, G. N., Ajibaye, O., Fakoya, O., Okebugwu, P. Effect of extraction solvents on phenolic, flavonoid and antioxidant activities of three Nigerian medicinal plants. Nature and Science, 9(7), 53-61, 2011.

Araujo, A. R. T. S., Rodrigues, M., Mascarenhas-Melo, F., Peixoto, D., Guerra, C., Cabral, C., ... and Paiva-Santos, A. C. *New-generation nanotechnology for development of cosmetics using plant extracts. In Nanotechnology for the Preparation of Cosmetics Using Plant-Based Extracts*, Elsevier, 301-325, 2022.

Arslan, M., Karadeniz, T., and Arslan, E. A. *Some Morphological Characteristics of Naturally Growing Lilies (Lilium sp.)* 2nd International Agriculture Congress Kongre Düzenleme Kurulu Organization Committee, 120, Ankara, 2019.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., Berset, C. L. W. T. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT-Food science and Technology, *28*(1), 25-30, 1995.

Butsat, S., and Siriamornpun, S. Effect of solvent types and extraction times on phenolic and flavonoid contents and antioxidant activity in leaf extracts of Amomum chinense C. International Food Research Journal, 23(1), 2016.

Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M. and Chern, J. C. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. Journal of food and drug analysis, 10(3), 2002.

Devi, N. I., Kumar, S. N. and Rajaram, C. Evaluation of hepatoprotective activity of *Lilium candidum* L. in experimental animal models. *World J Pharmaceu Res*, *5*(12), 725-749, 2016.

Do, Q. D., Angkawijaya, A. E., Tran-Nguyen, P. L., Huynh, L. H., Soetaredjo, F. E., Ismadji, S., and Ju, Y. H. Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content and antioxidant activity of *Limnophila aromatica*. Journal of food and drug analysis, 22(3), 296-302, 2014.

El Mannoubi, I. Impact of different solvents on extraction yield, phenolic composition, in vitro antioxidants and antibacterial activities of deseeded *Opuntia stricta* fruit. Journal of Umm Al-Qura University for Applied Sciences, 9(2), 176-184, 2023.

Fitzgerald, K. T. Lily toxicity in the cat. Topics in companion animal medicine, *25*(4), 213-217, 2010.

Güneş, M., and Özcan, Ö. Ak Zambak (*Lilium candidum*) ve Akkuş Zambak (*Lilium akkusianum*) Türlerinin Tokat Merkez İlçe Ekolojik Koşullarında Bazı Fenolojik ve Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, 12(3), 51-60, 2023.

İkinci N. *Lilium* L., pp. 609-610. In: Güner A., Aslan S., Ekim T., Vural M. and Baba¸c M.T. (eds), Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler). Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını, Istanbul, 2012.

Jin, L., Zhang, Y., Yan, L., Guo, Y. and Niu, L. Phenolic compounds and antioxidant activity of bulb extracts of six *Lilium* species native to China. Molecules, 17(8), 9361-9378, 2012.

Kaushik, N., Kim, J. H., Nguyen, L. N., Kaushik, N. K. and Choi, K. A. Characterization of bioactive compounds having antioxidant and anti-Inflammatory effects of *Liliaceae* family flower petal extracts. Journal of Functional Biomaterials, 13(4), 284, 2022.

Kobus-Cisowska, J., Szczepaniak, O., Szymanowska-Powałowska, D., Piechocka, J., Szulc, P., and Dziedziński, M. Antioxidant potential of various solvent extract from *Morus alba* fruits and its major polyphenols composition. Ciência Rural, 50, e20190371, 2020.

Liang, Z. X., Zhang, J. Z., Sun, M. Y., Zhang, Y. L., Zhang, X. H., Li, H., and Shi, L. Variation of phenolic compounds and antioxidant capacities in different organs of *Lilium pumilum*. Natural Product Communications, 13(6), 1934578X1801300616, 2018.
Liang, Z. X., Zhang, J. Z., Xin, C., Li, D., Sun, M. Y., and Shi, L..Analysis of edible characteristics, antioxidant capacities, and phenolic pigment monomers in *Lilium* bulbs native to China. Food Research International, 151, 110854, 2022.

Lupsor, S., Stanciu, G., Cristache, R. E., Panus, E., Radulescu, C., Olteanu, R. L., ... and Stirbescu, R. M. Phytochemical Evaluation and Antioxidant-Antimicrobial Potential of *Lilium* spp. Bulbs: Therapeutic and Dermatocosmetic Applications. Plants-Basel, 14(13), 2025.

Mammadov, T., Deniz, N., Rakhimzhanova, A., Kılınçarslan, Ö., and Mammadov, R. Studies on lilium species. International Journal of Secondary Metabolite, 4(1), 47-60, 2017

Marasek-Ciolakowska, A., Nishikawa, T., Shea, D. J., and Okazaki, K. Breeding of lilies and tulips,Interspecific hybridization and genetic background., Breeding science, 68(1), 35-52, 2018.

Obmann, A., Tsendayush, D., Thalhammer, T., Zehl, M., Vo, T. P. N., Purevsuren, S., ... and Glasl, S. Extracts from the Mongolian traditional medicinal plants *Dianthus versicolor* Fisch. and *Lilium pumilum* Delile stimulates bile flow in an isolated perfused rat liver model. Journal of ethnopharmacology, 131(3), 555-561, 2010.

Özen F., Temeltaş H., Aksoy Ö. The Anatomy and Morphology of the Medicinal Plant. *Lilium candidum* L. (*Liliaceae*). Distributed in Marmara Region of Turkey. Pakistan Journal of Botany. 44(4): 1185-1192, 2012.

Pinelo, M., Rubilar, M., Jerez, M., Sineiro, J., and Núñez, M. J. Effect of solvent, temperature, and solvent-to-solid ratio on the total phenolic content and antiradical activity of extracts from different components of grape pomace. Journal of agricultural and food chemistry, 53(6), 2111-2117, 2005.

Samantaray, P., Nayak, A., Pradhan, I., Pattanaik, A., Sahoo, R., and Mohanty, S. Lilium: a high-value cut flower production guide for lucrative return. Journal of Scientific Research and Reports, 30(6), 67-86, 2024.

Shalaby, E. A., and Shanab, S. M. Comparison of DPPH and ABTS assays for determining antioxidant potential of water and methanol extracts of *Spirulina platensis*. Indian journal of geo-marine sciences, 42(5), 556-564, 2013.

Singleton, V. L., Orthofer, R., and Lamuela-Raventós, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. In Methods in enzymology (Vol. 299, pp. 152-178). Academic press, 1999.

Tahirović, A., Bašić, N., and Čopra-Janićijević, A. Effect of solvents on phenolic compounds extraction and antioxidant activity of *Prunus spinosa* L. fruits. Bulletin of the Chemists & Technologists of Bosnia & Herzegovina/Glasnik Hemičara i Tehnologa Bosne i Hercegovine, (50), 2018.

Thakur, R., Sood, A., Nagar, P. K., Pandey, S., Sobti, R. C., and Ahuja, P. S. Regulation of growth of *Lilium* plantlets in liquid medium by application of paclobutrazol or ancymidol, for its amenability in a bioreactor system: growth parameters. Plant Cell Reports, 25(5), 382-391, 2006

Vieito, C., Fernandes, É., Velho, M. V., and Pires, P. The effect of different solvents on extraction yield, total phenolic content and antioxidant activity of extracts from pine bark (*Pinus pinaster subsp. atlantica*). Chemical Engineering Transactions, *64*, 127-132, 2018.

Wang, P., Li, J., Attia, F. A. K., Kang, W., Wei, J., Liu, Z., and Li, C. A critical review on chemical constituents and pharmacological effects of *Lilium*. Food Science and Human Wellness, 8(4), 330-336, 2019.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Ye, F., Liang, Q., Li, H., and Zhao, G. Solvent effects on phenolic content, composition, and antioxidant activity of extracts from florets of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Industrial Crops and Products, 76, 574-581, 2015.

Zhou, J., An, R., and Huang, X. Genus *Lilium*: A review on traditional uses, phytochemistry and pharmacology. Journal of Ethnopharmacology, 270, 113852, 2021.

Zhu, X., Chai, M., Li, Y., Sun, M., Zhang, J., Sun, G., ... and Shi, L. Global transcriptome profiling analysis of inhibitory effects of paclobutrazol on leaf growth in lily (*Lilium Longiflorum*-Asiatic hybrid). Frontiers in Plant Science, 7, 491, 2016.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ENDOFİTİK BAKTERİLERİN YABANİ *Vicia cracca* BİTKİLERİNDEN İZOLASYONU, KÜLTÜR ÖZELLİKLERİNİN VE ANTİBİYOTİK DİRENÇLERİNİN TESPİTİ

Prof. Dr. Hatice ÖĞÜTCÜ

Ankara Hacı Bayram Veli University,

Kırşehir Ahi Evran University,

hogutcu@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7100-9318

ÖZET

Endofitik mikroorganizmalar; bitkilerin kök, gövde, yaprak gibi farklı organlarında herhangi bir hastalığa neden olmaksızın, konakçı bitki ile komensal ilişkiyle yaşamını sürdüren bakteri, mantar ve aktinomisetleri içermektedir. Bu mikroorganizmalar konakçı bitkiyle simbiyotik ilişki kurma yoluyla büyüme hormonlarının salgılanması, hastalıklara karşı koruma, minerallerin çözünürlüğünün arttırılması, streslere (tuzluluk, kuraklık, sıcaklık, ağır metal ve besin) karşı tolerans sağlanması gibi çok sayıda fayda sağlamakta olup enzim, antibiyotiklerin üretimi ve sekonder metabolitler gibi faktörlerle de biyoteknolojik açıdan büyük öneme sahiptir. Bu araştırmada; *Vicia cracca* (fiğ) bitkilerinin kök nodüllerinden 8 endofitik bakterinin izolasyonu, morfolojik ve biyokimyasal özellikleri ile antibiyotik dirençleri belirlenmiştir. Gram boyama reaksiyonu sonucunda izolatların tamamının Gram negatif ve çubuk şeklinde olduğu, bir tanesi dışında (sarı renkli) tümünün kolonin renginin krem renkte ve hepsinin de mukoz oluşturduğu gözlenmiştir. Biyokimyasal test sonuçlarına göre ise tüm izolatların katalaz ve oksidaz pozitif, hareketli oldukları gözlemlenmiştir. Antibiyotiklere duyarlılık testinde; Florfenicol'e 2 izolatın, Imipenem'e 3 izolatın, Ofloxacin'e 3 izolatın, Tobramycin'e ise 2 izolatın duyarlı olduğu tespit edilirken tüm izolatların Chloramphenicol Penicillin, ve Ampicilin'e karşı dirençli oldukları tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler : *Vicia cracca*, Fiğ, Endofitik bakteri, Antibiyotik direnç

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ISOLATION OF ENDOPHYTIC BACTERIA FROM WILD *Vicia cracca* PLANTS, DETERMINATION OF THEIR CULTURAL CHARACTERISTICS AND ANTIBIOTIC RESISTANCE

ABSTRACT

Endophytic microorganisms include bacteria, fungi, and actinomycetes that survive in commensal relationships with the host plant, without causing any disease, in various plant organs such as roots, stems, and leaves. These microorganisms provide numerous benefits through symbiotic relationships with the host plant, including the secretion of growth hormones, protection against diseases, increased solubility of minerals, and tolerance to stresses (salinity, drought, heat, heavy metals, and nutrients). They are also of great biotechnological importance due to their enzyme and antibiotic production and secondary metabolites. In this study, eight endophytic bacteria were isolated from the root nodules of Vicia cracca (vetch) plants, and their morphological and biochemical characteristics and antibiotic resistance were determined. Gram staining revealed that all isolates were Gram-negative and rod-shaped. All but one (yellow) had cream-colored colonies, and all produced mucus. Biochemical test results showed that all isolates were catalase and oxidase positive and motile. Antibiotic susceptibility testing revealed that 2 isolates were susceptible to Florfenicol, 3 isolates to Imipenem, 3 isolates to Ofloxacin, and five isolates to Tobramycin. All isolates were resistant to Chloramphenicol, Penicillin, and Ampicillin.

Keywords: *Vicia cracca,* Vetch, Endophytic bacteria, Antibiotic resistance

1. GİRİŞ

Endofitler, sağlıklı bitki dokularında herhangi bir patojeniteye neden olmadan kolonileşen mikroorganizmalardır (bakteri ve mantarlar) (Wilson, 1995). Neredeyse tüm bitkilerin endofitik mikroorganizmalarla ilişkili olduğu düşünülür, ancak bazı bitki türleri endofitler açısından hiçbir zaman tam olarak incelenmemiştir (Mengistu, 2020). Endofitik mikroorganizmalar, sayısız biyoaktif bileşik üretme kabiliyetleri nedeniyle doğal rezervuarlar olarak kabul edilir (Gouda ve ark., 2016). Alkoloidler, steroidler, terpenoidler, laktonlar, kininler, lignanlar ve fenoller gibi değerli biyoaktif metabolitler, endofitik mantar ve bakterilerden izole edilmiştir (Deshmukh ve ark., 2015).

Bakteriyel endofitler de kendi konakçılarınınkine benzer veya daha belirgin aktiviteye sahip metabolitler üretebilir (Venieraki ve ark., 2017). Bakteriyel endofitlerin bitkilerle simbiyotik bir ilişki içinde olduğu düşünülmektedir. Bu mutualistik ilişkide, bitkiler endofitlere barınak ve besin sağlarken (Liarzi ve ark., 2016), konak bitkiler otçullardan ve patojenlerden korunur (Qin ve ark., 2017). Ayrıca, endofitik bakteriler fitohormonlar üreterek bitki büyümesini de teşvik eder, böylece çeşitli abiyotik streslere, yani ağır metal toksisitesi ve tuzluluğa karşı dirençlerini artırır (Khan ve ark., 2014) ve tarım, endüstri ve tıpta kullanılabilirler (Ryan ve ark., 2008).

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Bakteriyel endofitlerden biyoaktif ürünlerin izolasyonu üzerine yapılan çalışmalar, antibiyotik direncini yönetmek için antimikrobiyal ajanlar olarak da geliştirilebilecek birkaç yeni bileşiğin keşfedilmesine yardımcı olabilir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Çalışmada Kırşehir ili ve ilçelerinden (Kaman, Mucur, Akpınar, Akçakent, Çiçekdağı, Boztepe) yabani fiğ (*Vicia cracca*) bitkileri toplanmış ve köklerindeki nodüller alınmış ve yüzey sterilizasyonuna tabii tutulmuştur. Nodüllerden elde edilen homojenattan YMA (Yeast Mannitol Agar) petrilerine ekim yapılmış ve plaklar 28^{+}-1^{0}C'de 3-5 gün süreyle inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyonun tamamlanmasından sonra oluşan tipik koloniler (beyaz, saydam veya hafif mat, mukozlu, yuvarlak, kabarık) seçilmiş tekerrürlü ekimlerle saflaştırılmış ve daha sonraki testlerde kullanılmak üzere yatık YMA tüplerinde stokları hazırlanmıştır (Somasegaran and Hoben 1985; Öğütcü ve ark., 2010). İzolatlara sitolojik ve biyokimyasal testler, Brom Thymol Mavili besiyerinde üreme ve Kongo Kırmızılı YMA'da üreme, Gram özellik testi, hareket, katalaz ve oksidaz testleri uygulanmıştır.

İzolatların antibiyotiklere direncinin belirlenmesinde; Florfenicol (FFC), Imipenem (IPM), Chloramphenicol (C), Ofloxacin (OFX), Tobramycin (TOB), Penicillin (P) ve Ampicilin (AMP) diskleri kullanılmıştır. İzolatların tümünden YMA'da 37°C'de 12 saatlik taze kültürler hazırlanmış ve bu taze kültürlerden Mueller Hinton Agara ekim yapılmıştır. Antibiyotik diskleri izolatların aşılandığı plakların üzerine yaklaşık 2.5 cm mesafe ile yerleştirilmiş ve ardından 24 saat 37°C'de inkübasyona bırakılmıştır. İzolatların antibiyotiklere dirençleri ve duyarlılıkları disklerin etrafındaki üremenin inhibe edilmesi yada varlığı gözlemlenerek belirlenmiştir. Antibiyotiklerin etrafında üremenin gözlemlendiği izolatlar ilgili antibiyotiğe dirençli, antibiyotik etrafında büyümesi engellenen izolatlar ise antibiyotiğe duyarlı olarak değerlendirilmiştir (Persuna, 2014).

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Çalışmada 8 adet izolatın morfolojilik, kültürel ve biyokimyasal özellikleri incelenmiştir. Gram boyama testi sonucuna göre sekiz izolatın tamamı Gr(-) ve çubuk şekilli olduğu belirlenmiştir. Koloni rengi gözlemlendiğinde ise bir tanesinin sarı renkli diğerlerinin hepsinin krem renkli ve mukozumsu yapı gösterdiği tespit edilmiştir. Biyokimyasal test sonuçları değerlendirildiğinde ise tüm izolatların katalaz ve oksidaz testlerinin pozitif olduğu ve tümünün hareketli olduğu gözlenmiştir (Çizelge 1).

Antibiyotik duyarlılık testi sonucunda; Florfenicol'e 2 izolatın, Imipenem'e 3 izolatın, Ofloxacin'e 3 izolatın, Tobramycin'e ise 2 izolatın duyarlı olduğu belirlenirken izolatların hepsinin Penicillin, Ampicilin, Chloramphenicol'e karşı dirençli olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 2).

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Çizelge 1. İzolatların Gram boyama, bakteri morfolojisi, koloni rengi, mukoz oluşturma ve biyokimyasal test sonuçları

İzolat No	*Gr boyama*	*Morfoloji*	*Koloni Rengi*	*Mukoz*	*Hareket*	*Katalaz*	*Oksidaz*
HR4	-	Çubuk	Krem	+	+	+	+
HR28	-	Çubuk	Krem	+	+	+	+
HR33-2a	-	Çubuk	Krem	+	+	+	+
HR33-2b	-	Çubuk	Krem	+	+	+	+
HR40-2	-	Çubuk	Krem	+	+	+	+
HR41-1	-	Çubuk	Sarı	+	+	+	+
HR41-2	-	Çubuk	Krem	+	+	+	+
HR48-1	-	Çubuk	Krem	+	+	+	+

Çizelge 2- İzolatların Antibiyotik Direnci

İzolat No	*FFC*	*IPM*	*P10*	*AM10*	*C30*	*OFX*	*TOB*
HR4	S	S	S	R	R	S	R
HR28	R	S	R	R	R	R	R
HR33-2a	R	R	R	R	R	S	S
HR33-2b	R	R	R	R	R	R	R
HR40-2	S	S	R	R	R	S	S
HR41-1	R	R	R	R	R	R	R
HR41-2	R	R	R	R	R	R	R
HR48-1	R	R	R	R	R	R	R

Tyagi ve ark. (2017), çalışmalarıda; elde ettikleri izolatların çoğunluğunun Aztreonam (Ao) ve Co-trimoksazole (Co) direnç gösterdiğini, diğer (Ciprofloxacin (Cf), Ofloxacin (Of), Norfloxacin (Nx), Levofloxacin (Le), Gatifloxacin (Gf), Nitrofurantoin (Nf)) antibiyotiklere ise genel olarak duyarlı olduğunu bildirmişlerdir (Tyagi ve ark., 2017). Araştırmamızda da Florfenicol'e 2 izolatın, Imipenem'e 3 izolatın, Ofloxacin'e 3 izolatın, Tobramycin'e ise 2 izolatın duyarlı olduğu belirlenirken izolatların hepsinin Penicillin, Ampicilin, Chloramphenicol'e karşı direnç gösterdiği belirlenmiş olup literatürü destekler niteliktedir (Tablo 2). Önceki çalışmaların incelenmesi sonucunda, antibiyotiklere direnç ve duyarlılığın elde edilen izolatların çevresel kökenlerinden kaynaklanabileceği bildirilmektedir (Tyagi ve ark., 2017).

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Mikrobiyal gübre yani bakteri uygulaması, toprak verimliliğini artırabilir ve kimyasal gübre kullanımının azaltılması sonucunda bir sonraki mahsulün üretim maliyeti azaltabilir ve ayrıca gübrelerin insan, toprak ve çevre sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini en aza indirgenebilir.

Bakteriyal gübre formülasyonlarının bitkisel üretimde kullanılması; bitki hastalıklarını kontrol etmek için aşırı kimyasal kullanımının ve yeraltı sularının kirlenmesinin engellenmesine, dirençli patojen ırklarının gelişmesine, insan sağlığına ve çevrenin dolayısıyla ekosistemin korunmasına fayda sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

[1] Deshmukh, S. K., Verekar, S. A., and Bhave, S. V., Endophytic fungi: a reservoir of antibacterials, Front. Microbiol. 5, 715, 2015. doi: 10.3389/fmicb.2014.00715

[2] Gouda, S., Das, G., Sen, S. K., Shin, H.-S., and Patra, J. K. Endophytes: a treasure house of bioactive compounds of medicinal importance, Front. Microbiol. 7, 1538, 2016. doi: 10.3389/fmicb.2016.01538

[3] Khan, A. L., Waqas, M., Kang, S.-M., Al-Harrasi, A., Hussain, J., Al-Rawahi, A., Bacterial endophyte Sphingomonas sp. LK11 produces gibberellins and IAA and promotes tomato plant growth, J. Microbiol. 52, 689–695, 2014. doi: 10.1007/s12275-014-4002-7

[4] Liarzi, O., Bucki, P., Braun Miyara, S., and Ezra, D., Bioactive volatiles from an endophytic Daldinia cf. concentrica isolate affect the viability of the plant parasitic nematode Meloidogyne javanica, PLoS ONE 11, e0168437, 2016. doi: 10.1371/journal.pone.0168437

[5] Mengistu, A. A., Endophytes: colonization, behaviour, and their role in defense mechanism, Int. J. Microbiol., 6927219, 2020. doi: 10.1155/2020/6927219

[6] Ögütcü, H., Kasımoğlu C., Elkoca, E., Influence of rhizobium strains ısolated from wild chickpeas on the growth and symbiotic performance of chickpea (*Cicer arietinum* l.) under salt stress, Turk. J. Agric. For., 34, 361-371, 2010.

[7] Persuna ML., Characterisation of rhizobium isolates associated with wild legumes on the basis of antibiotic resistance, Indian J Sci Res, 4(1), 22-24, 2014.

[8] Qin, S., Feng, W.-W., Wang, T.-T., Ding, P., Xing, K., and Jiang, J.-H., Plant growth-promoting effect and genomic analysis of the beneficial endophyte *Streptomyces* sp. KLBMP5084 isolated from halophyte *Limonium sinense*, Plant Soil 416, 117–132, 2017. doi: 10.1007/s11104-017-3192-2

[9] Ryan, R. P., Germaine, K., Franks, A., Ryan, D. J., and Dowling, D. N., Bacterial endophytes: recent developments and applications, FEMS Microbiol. Lett. 278, 1–9, 2008. doi: 10.1111/j.1574-6968.2007.00918.x

[10] Somasegaran, P. and Hoben, H. J., Methods in Legume Rhizobium Technology, Library of Congraca Number, 87-106109, 1-52, Havai, 1985.

[11] Tyagi, A., Kumar, V., Shottam, P., Tomar A., Isolation, ıdentification, biochemical and antibiotic sensitivity characterization of rhizobium strains from *Vigna mungo* (L) Hepper, *Cicer*

arietinum L. and *Vigna radiata* (L) R Wilczek in Muzaffarnagar, Uttar Pradesh, India, Int J Curr Microbiol App Sci, 6(12), 2024-2035, 2017.

[12] Venieraki, A., Dimou, M., and Katinakis, P., Endophytic fungi residing in medicinal plants have the ability to produce the same or similar pharmacologically active secondary metabolites as their hosts, HPPJ 10, 51–66, 2017. doi: 10.1515/hppj-2017-0006

[13] Wilson, D., Endophyte: the evolution of a term, and clarification of its use and definition, Oikos 73, 274–276, 1995. doi: 10.2307/3545919

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ORGANİK YAPIDAKİ ATIKLARDAN ÜRETİLEN VERMİKOMPOSTUN BAKTERİ FLORASININ BELİRLENMESİ

Prof. Dr. Hatice ÖĞÜTCÜ

Ankara Hacı Bayram Veli University,

Kırşehir Ahi Evran University,

hogutcu@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7100-9318

ÖZET

Hergeçen gün artan nüfus ve buna bağlı olarak doğal kaynakların yoğun kullanımı, organik atıkların emisyonunda büyümeye yol açmakta olduğundan bunu yönetmek amacıyla sürdürülebilir bir yaklaşımla, özellikle yoğun nüfusa sahip bölgelerde sorun haline gelmektedir. Bu bağlamda toprak yapısına katkıda bulunacak çevreyle dost uygulamaların hepsi ekosistemin sürdürülebilirliği için gerekmektedir. Sürdürülebilir tarım uygulamaları ve çevreyi koruma amacıyla organik atık yönetimi, kompostlaştırma ve vermikompost üretimi gibi organik içeriğe sahip gübrelerin kullanılması toprak sağlığının korunmasında oldukça önemlidir. Vermikompost, organik içerikli atıkların solucanların sindirim sisteminden geçmesiyle meydana gelen solucan dışkısıdır. Vermikompostun komposttan farkı; solucanların seçerek beslenmesi, onların sindirimde kullandıkları enzimler, bağırsaklarındaki mikrofloradan dolayı homojen yapıda, zengin, stabil ve daha kolay uygulanabilir bir ürün olmasından kaynaklanmaktadır. Araştırmada; %35 oranındaki farklı organik atıklardan (sığır gübresi, yonca, çay posası, harnup posası) oluşturulan VK2 vermireaktörü kullanılarak elde edilen vermikomposttan bakteri florası tespit edilmiştir. VK2 örneklerinden alınan numunelerden bakterilerin izolasyonu amacıyla seri dilüsyonlar yapılmıştır. Hazırlanan dilüsyonlardan nutrient agar besiyerine ekim yapılmış ve 28^0C'de 24-48h inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi tamamlandıktan sonra üremenin gözlemlendiği plaklar incelenmiş ve binoküler mikroskop altında farklı koloni yapısına sahip izolatlar seçilerek tekrarlı ekimlerle saflaştırma işlemi tamamlanmıştır. Saf izolatlara morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal testler uygulandıktan sonra tür tanımlamaları MALDI-TOF MS yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Tanımlamanın sonucunda; *Bacillus cereus* 4080 LBK 1.599 NCBI 1396, *Staphylococcus kloosii* DSM 20676T DSM 1.273 NCBI 29384, *Chryseobacterium joostei* DSM 16927T DSM 1.486 NCBI 112234, *Lysinibacillus sphaericus* DSM 28T DSM 1.874 NCBI 1421, *Bacillus*

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

pumilus DSM 1794 DSM 1.604 NCBI 1408, *Bacillus pumilus* 1.333 DSM 27T DSM 1.32 NCBI 1408, *Pseudomonas oleovorans* 1.63 ssp *oleovorans* DSM 50188 HAM NCBI 301, *Myroides odoratimimus* 1.319 LMG 4029T HAM 1.319 NCBI 76832, *Psychrobacillus psychrodurans* 1.91 DSM 11713T DSM NCBI 126157 türleri belirlenmiştir.
Anahtar Kelimeler: Organik atık, vermikompost, MALDI-TOF MS, *Esenia fetida*

DETERMINATION OF BACTERIAL FLORA OF VERMICOMPOST PRODUCED FROM ORGANIC WASTES

ABSTRACT

The ever-increasing population and the resulting intensive use of natural resources are leading to a rise in organic waste emissions, making this a problem, especially in densely populated areas, requiring a sustainable approach to manage this. In this context, all environmentally friendly practices that contribute to soil structure are essential for ecosystem sustainability. Sustainable agricultural practices and the use of organic fertilizers, such as organic waste management, composting, and vermicompost production, are crucial for maintaining soil health. Vermicompost is worm excrement produced by the passage of organic waste through the digestive systems of worms. Vermicompost differs from compost in that it is a homogeneous, rich, stable, and more easily processed product due to the worms' selective feeding, the enzymes they use in digestion, and the microflora in their guts. In the study, bacterial flora was determined from vermicompost obtained from 35% of various organic wastes (cattle manure, alfalfa, tea pulp, and carob pulp) using a VK2 vermireactor. Serial dilutions were made from samples taken from VK2 samples for the isolation of bacteria. The prepared dilutions were inoculated onto nutrient agar and incubated at 280C for 24-48 h. After the incubation period, the plates on which growth was observed were examined and isolates with different colony structures were selected under a binocular microscope and the purification process was completed by repeated inoculations. After morphological, physiological and biochemical tests were applied to the pure isolates, species identifications were made using the MALDI-TOF MS method. As a result of the identification; *Bacillus cereus* 4080 LBK 1.599 NCBI 1396, *Staphylococcus kloosii* DSM 20676T DSM 1.273 NCBI 29384, *Chryseobacterium joostei* DSM 16927T DSM 1.486 NCBI 112234, *Lysinibacillus sphaericus* DSM 28T DSM 1.874 NCBI 1421, *Bacillus pumilus* DSM 1794 DSM 1.604 NCBI 1408, *Bacillus pumilus* 1.333 DSM 27T DSM 1.32 NCBI 1408, *Pseudomonas oleovorans* 1.63 ssp *oleovorans* DSM 50188

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

RAW NCBI 301, *Myroides odoratimimus* 1.319 LMG 4029T HAM 1.319 NCBI 76832, *Psychrobacillus psychrodurans* 1.91 DSM 11713T DSM NCBI 126157 species were identified.

Keywords: Organic waste, vermicompost, MALDI-TOF MS, *Esenia fetida*

1. GİRİŞ

Vermikompost; kompleks yapıdaki organik atıkların toprak solucanları tarafından humus benzeri kararlı ürün hale getirildiği biyoteknolojik bir işlem olarak tanımlanmakta (Kumar Mishra ve ark., 2011; Ndegwa ve ark., 2000) ve bu atıkların biyolojik bozunmayla stabilize hale getirilmesinde kullanışlı olan bir metoddur (Azim ve ark., 2018). Bu yöntem; toprak solucanlarının mikrobiyal aktivitesiyle, zengin içerikteki organik atıkların farklı fiziksel ve biyokimyasal süreçlerinden oluşmaktadır (Sen ve Chandra, 2009). Solucan gübresi (vermikompost) bitki büyüme ve gelişimini artıran büyüme hormonlarını, makro ve mikro besinleri, kullanılabilen azot ve çok sayıda yararlı bakterileri içermekte dolayısıyla bitkisel üretimde toprak verimliliğene katkıda bulunmaktadır (Silawat ve ark., 2010). solucanların sindirim sistemi aracılığıyla dışarı çıkarılan mukus, çok farklı mikroorganizma gruplarının arasındaki rekabeti ve antagonizmi uyarmakta sonuçta bazı antibiyotik ve hormonal yapıdaki bazı maddelerin üretilmesini sağlayarak bitki büyümesini ve gelişmesini teşvik etmektedir (Edwards ve Bater, 1992; Arancon ve ark., 2006). Vermikompostta bulunan zengin içeriğe sahip besinlerin varlığı ve organik yapıdaki atık maddelerin uygun formda ayrışması solucan dışkısında yeralan mikroorganizma türlerinin çeşitliliğine bağlıdır (Lazcano ve ark., 2008). Belirtilen mikrrorganizmaların türlerinin tespit edilmesi; sürecin en iyi şekilde kullanmasını, organik içeriğe sahip farklı atıkların besinsel özelliklerinden tam olarak yararlanmayı ve vermikompost ilavesinin toprakta halihazırda bulunan besinlerin üzerindeki etkisinin belirlenebilmesi için önem arzetmektedir.

Yapılan araştırmalar incelendiğinde; solucan bağırsağında toprak sağlığını iyileştiren ve zenginleştiren çeşitli probiotik özelliğe sahip bakterilerin simbiyotik formda yaşadıkları sürdürdükleri bildirilmektedir (Szmigiel ve ark., 2021; Das ve ark., 2021). Yaptıkları bir çalışmada Chachina ve ark.; *E. andrei* (Bouche, 1972), *E. fetida* (Savingy,1826), *D. veneta* (Rosa,1886) vermikültürlerinden izole ettikleri *Bacillus cereus, Bacillus mucoides, Pseudomonas aeroginosa, Pseudomonas putida, Bacillus thuringiensis,* türlerini 50 gr hidrokarbonlarla kontamine edilmiş toprağın temizlenmesi amacıyla kullanmışlar ve 5 ayın sonunda toprakta bulunan hidrokarbon içeriğinin %80-85 oranında azaldığını belirlemişlerdir (Chachina ve ark., 2019).

Çalışmada *E. fetida* kullanılarak %35 oranında farklı organik atık içeriğine sahip (çay posası, sığır gübresi, yonca, harnup posası) formülasyondan elde edilen vermikompost örneklerinin bakteri florası tespit edilmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Araştırmada 40x 40 cm boyutunda dört adet vermireaktör kutusu ve solucan yemi olarak da farklı kombinasyonlar oluşturularak fermente edilen çay posası, sığır gübresi, yonca ve hurma posası (VK2: % 35 SG + % 35 Y + % 35 ÇP + % 35 HP) kullanılmıştır.

VK2 vermireaktöründen elde edilmiş vermikompostun bakteri florası Ahi Evran Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Mikrobiyoloji Laboratuvarı'nda belirlenmiştir. Bakterilerin izolasyonu amacıyla vermireaktörden 10 gr vermikompost numunesi steril kutulara alınmıştır (Şekil 1.). Kutulardaki numuneden steril şartlarda 1 g vermikompost alınanarak 100 ml steril distile su içeren erlende iyice karıştırılmış homojenize edilmiştir. Bu homojenettan 1 ml alınarak 9 ml steril distile su içeren tüpe ilave edilmiş ve 10^{-1} den 10^{-7}'ye kadar seri dilüsyon tüpleri hazırlanmıştır. Daha sonraki aşamada ise; önceden hazırlanan nutrient agar (NA) besiyerine çizgi ekim yapılmış ve plaklar 28°C'de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresinin sonunda plaklar incelenmiş büyüyen kolonilerin morfolojisi ve özellikleri kontrol edilerek farklı olan koloniler tespit edilmiştir. Seçilmiş olan kolonilerden örnekler alınmış saf kültür elde etmek amacıyla tekrarlı ekimler yapılmıştır (Naseem ve Bano, 2014). Vermikomposttan elde edilmiş saf izolatların ilk olarak klasik ve biyokimyasal testler ile ön teşhisleri yapılmıştır. İzolatların morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Gram boyama, hareket, katalaz ve oksidaz testleri yapılmıştır (Applications ve ark., 2014; Ogutcu ve ark., 2022). Sonraki aşamada saf izolatların tür teşhisinde güvenli, hızlı ve ucuz teknolojilerinden birisi olarak kabul görmüş doğrudan bakterilerden lazer ile elde edilen protein profillerinin cihazın kütüphanesinde tanımlanmış türler ile karşılaştırılarak doğrulanması prensibine dayanan; matriks yardımlı lazer desorpsiyon iyonizasyon-uçuş süreli kütle spektroskopisi cihazı (Bruker Microflex LT, Almanya) ile MALDI-TOF MS tanımlama sistemi kullanılmıştır (Lay, 2001; Schlosser ve ark., 2005). Bu sistemle bakterilerin tanımlanması amacıyla; NA besiyerinde geliştirilen 24 saatlik saf kültürlerden örnekler alınmıştır. Alınan örnek ethanol/formik asit yöntemi uygulanarak muamele edilmiş cihazın örnek tablasına yüklenmiştir. Bu örneklerin, cihaz kütüphanesindeki bakteri türleri ile BioTyper TM 1.1 (Bruker Daltonics, Bremen, Almanya) yazılımı ile karşılaştırılarak teşhisleri tamamlanmıştır (Pavlovic ve ark., 2012; Numanoğlu Çevik ve Ogutcu, 2020).

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Çalışmamızda VK2 vermikompostunun (% 35 SG + % 35 Y + % 35 ÇP + % 35 HP) bakteri florası belirlenmiştir. VK2 vermikompostundan; *Bacillus cereus* 4080 LBK 1.599 NCBI 1396, *Staphylococcus kloosii* DSM 20676T DSM 1.273 NCBI 29384, *Chryseobacterium joostei* DSM 16927T DSM 1.486 NCBI 112234, *Lysinibacillus sphaericus* DSM 28T DSM 1.874 NCBI 1421, *Bacillus pumilus* DSM 1794 DSM 1.604 NCBI 1408, *Bacillus pumilus* 1.333 DSM 27T DSM 1.32 NCBI 1408, *Pseudomonas oleovorans* 1.63 ssp *oleovorans* DSM 50188 HAM NCBI 301, *Myroides odoratimimus* 1.319 LMG 4029T HAM 1.319 NCBI 76832, *Psychrobacillus psychrodurans* 1.91 DSM 11713T DSM NCBI 126157 türleri tespit edilmiştir (Çizelge 1.).

VK2 vermireaktöründe *Bacillus cereus, Bacillus pumilis* (2), *Chryseobacterium joostei, Lysinibacillus sphaericus, Myroides odoratimimus, Psychrobacillus psychrodurans, Pseudomonas oleovorans, Staphylococcus kloosii* olmak üzere 8 farklı tür tespit edildi (Çizelge 1). *C. joostei* tarımsal toprakların iyileştirilmesi veya bitki büyümesinin desteklenmesindeki

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

fonksiyonel rolleri ile bilinmektedir (Young ve ark., 2005). Araştırıcılar petrol çamurunda *E. fetida* kullanarak, nihai üründen izole edilen *L. sphaericus*'un sahip olduğu genlerin sadece hidrokarbonları parçalama yeteneğinde olmadığını aynı zamanda petrol çamurundaki azot seviyelerini önemli ölçüde etkilediiğini belirtmiştir (Acevedo & Pistikopoulos, 1998). Edo ve ark.(2016), *L. sphaericus'un* toksik metal iyonlarını adsorbe ettiğini ve sivrisinek larvalarına toksik etkisinin olduğunu ve *L. sphaericus* suşu III(3)7'nin test edilmiş bütün metallerde %80'in üzerinde bir larva ölümüyle sonuçlandığını bildirmişlerdir. Bu suşun ilaveten kurşunun %32'sini, arseniğin %76'sını, kadmiyumun %7'sini ve kromun %25'ini adsorbe etme yeteneğinde olduğunu tespit etmişlerdir (Edo & Dussán, 2016). *P. psychrodurans*'ın bitki büyümesini artırıcı etkisinin (Xu ve ark., 2018), *P.oleovorans, P. anguilliseptica* ise bitki patojenlerini baskılayıcı ve büyümeyi teşvik edici özelliklerinin olduğu bildirilmiştir (Fathalla ve ark., 2015; Gontia-Mishra ve ark., 2021). Bitki büyümesini teşvik eden *S. kloosii*'nin ise tuzluluk koşullarında çilek bitkilerinin büyümesi ve verimi üzerindeki tuz stres koşullarının zararlı etkilerinin hafifletildiği gösterilmiştir (Karlidag ve ark., 2013).

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Çizelge 1. VK2 vermireaktöründen elde edilen bakteri izolatlarının morfolojik, biyokimyasal ve kültürel özellikleri

				Gram Karakterler		Biyokimyasal Karakterler		
İzolat No	**Tür adı**	**MALDI-TOF MTMS Skor**	**Hücre Morf.**	**Gr Reak.**	**KOH %3**	**Katalaz**	**Oksidaz**	**Hareket**
VK2 (3-1)	*Bacillus cereus* 4080 LBK 1.599 NCBI 1396	1.599	Bacilli	+	-	+	+	+
VK2 (3-2)	*Staphylococcus kloosii* DSM 20676T DSM 1.273 NCBI 29384	1.315	Cocci	+	-	+	-	-
VK2 (4-1)	*Chryseobacterium joostei* DSM 16927T DSM 1.486 NCBI 112234	1.486	Coccoid	-	+	+	+	-
VK2 (4-2)	*Lysinibacillus sphaericus* DSM 28T DSM NCBI 1421	1.874	Bacilli	+	-	+	+	+
VK2 (4-3)	*Bacillus pumilus* DSM 1794 DSM NCBI 1408	1.604	Bacilli	+	-	+	+	+
VK2 (4-4)	*Bacillus pumilus* DSM 27T DSM 1.32 NCBI 1408	1.333	Bacilli	+	-	+	+	+
VK2 (5-1)	*Pseudomonas oleovorans* ssp *oleovorans* DSM 50188 HAMNCBI 301	1.63	Bacilli	-	+	+	+	+
VK2 (5-2)	*Myroides odoratimimus* LMG 4029T HAM NCBI 76832	1.319	Bacilli	-	+	+	+	-
VK2 (5-3)	*Psychrobacillus psychrodurans* DSM 11713T DSM NCBI 126157	1.91	Bacilli	+	-	+	+	-

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Araştırmanın verileri, çeşitli bileşimlerde oluşturulmuş vermikompostun mikrobiyotası ve sürdürülebilir bitkisel üretim uygulamalarındaki rolleriyle ilgili oldukça önemli bulgular içermektedir Vermikompost yapısında yeralan farklı bakteri türlerinin toprak sağlığını iyileştirme, bitki büyümesini teşvik, hastalıkları kontrol altına almak ve toksik maddelerin bertarafı çok sayıda yararının olabileceği değerlendirilmektedir Bu bağlamda, bitkisel üretim ve ekosistemin korunması amacıyla vermikompostun yaygın kullanımı desteklenmelidir

KAYNAKÇA

[1] Acevedo, J., & Pistikopoulos, E. N., Stochastic optimization based algorithms for process synthesis under uncertainty, Computers & Chemical Engineering, 22(4–5), 647–671,1998.

[2] Applications, M., Version, S., Applications, M., Version, C., Benson's microbiological applications, *Laboratory Manual in General Microbiology*, Short Version, 2–3, 2014.

[3] Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Lee, S., Byrne, R., Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth, European Journal of Soil Biology, 42(SUPPL. 1), 65-S69, 2006.

[4] Azim, K., Soudi, B., Boukhari, S., Perissol, C., Roussos, S., Thami Alami, I., Composting parameters and compost quality: a literature review, In Organic Agriculture 8(2), 141-158, 2018.

[6] Chachina, S. B., Voronkova, N. A., Shadrin, M. A., Evdokimov, N. S., The recultivation of the soils, contaminated with petrol and diesel fuel, with the help of earthworms dendrobena veneta and the complex of microorganisms, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 315(5), 052065, 2019.

[7] Das, S., Mondal, K., Pal, A. K., Sengupta, C., Evaluation of the probiotic potential of streptomyces antibioticus and bacillus cereus on growth performance of freshwater catfish heteropneustes fossilis, Aquaculture Reports, 20, 100752, 2021.

[8] Edo, J., & Dussán, V. A. J., Adsorption of toxic metals and control of mosquitos-borne disease by lysinibacillus sphaericus: dual benefits for health and environment, Biomedical and Environmental Sciences, 29(3), 187–196, 2016.

[9] Edwards, C. A., & Bater, J. E., The use of earthworms in environmental management, Soil Biology and Biochemistry, 24(12), 1683-1689,1992.

[10] Fathalla, A. M., Samy, ;, Abd El-Azeem, A. M., Metwaly, Baraka, A., & Ramadan, E. M., Antifungal Activity and genetic diversity of selected endophytic fluorescent pseudomonads, Journal of Applied Plant Protection, 4, 1-12, 2015.

[11] Gontia-Mishra, I., Sapre, S., Sikdar, S., & Tiwari, S., Belowground dialogue between plant roots and beneficial microbes, Microbiome Stimulants for Crops, 141-158, 2021.

[12] Karlidag, H., Yildirim, E., Turan, M., Pehluvan, M., & Donmez, F., Plant growth-promoting rhizobacteria mitigate deleterious effects of salt stress on strawberry plants (Fragaria ×ananassa), HortScience, 48(5), 563-567, 2013.

[13] Kumar Mishra, N., Lazcano, C., Domínguez, J., Cabello, E., & -Vigo, B., In: Soil nutrients the use of vermicompost in sustainable agriculture: impact on plant growth and soil fertility, 2011.

[14] Lay, J. O. MALDI-TOF Mass spectrometry of bacteria, Mass Spectrometry Reviews, 20(4), 172-194, 2001.

[15] Lazcano, C., Gómez-Brandón, M., Domínguez, J., Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure, Chemosphere, 72(7), 1013-1019, 2008.

[16] Naseem, H. and Bano, A., Role of plant growth-promoting rhizobacteria and their exopolysaccharide in drought tolerance of maize, J. Plant Interact. 9: 689-701, 2014.

[17] Ndegwa, P. M., Thompson, S. A., & Das, K. C., Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids. Bioresource Technology, 71(1), 5–12, 2000.

[18] Numanoğlu Çevik, Y., Oğutcu, H., Identification of bacteria in soil by MALDI-TOF MS and analysis of *Bacillus* spp., *Paenibacillus* spp. and *Pseudomonas* spp. with PCA, Analytical Chemistry Letters, 10 (6), 784-797, 2020.

[19] Ogutcu, H., Kantar, F., Alaylar, B., Numanoglu Cevik, Y., Gulluce, M., Isolation and characterization of hydrocarbon and petroleum degrading bacteria from polluted soil with petroleum and derivatives by MALDI-TOF MS Method, Geomicrobiology Journal, 39(9), 757-766, 2022.

[20] Pavlovic, M., Konrad, R., Iwobi, A. N., Sing, A., Busch, U., Huber, I., A Dual approach employing MALDI-TOF MS and Real-Time PCR for fast species identification within the *Enterobacter cloacae* complex, FEMS Microbiology Letters, 328(1), 46-53, 2012.

[21] Schlosser, G., Pocsfalvi, G., Huszár, E., Malorni, A., Hudecz, F., MALDI-TOF mass spectrometry of a combinatorial peptide library: effect of matrix composition on signal suppression, Journal of Mass Spectrometry, 40(12), 1590-1594, 2005.

[22] Sen, B., & Chandra, T. S., Do earthworms affect dynamics of functional response and genetic structure of microbial community in a lab-scale composting system?, Bioresource Technology, 100(2), 804-811, 2009.

[23] Silawat, N., Chouhan, S., Sairkar, P., Garg, R. K., Vijay, N., Mehrotra, N. N., Estimation of bacterial diversity in soil and vermicompost using sole source carbon utilization (SSCU) profile, African Journal of Microbiology Research, 4(4), 255-266, 2010.

[24] Szmigiel, I., Suchodolski, J., Łukaszewicz, M., Krasowska, A., The influence of *Bacillus subtilis* 87Y isolated from *Eisenia fetida* on the growth of pathogenic and probiotic microorganisms, Biomass Conversion and Biorefinery, 11(2), 601-608, 2021.

[25] Xu, H., Liao, C., Zuo, P., Liu, Z., & Ye, B. C., Magnetic-based microfluidic device for on-chip ısolation and detection of tumor-derived exosomes, Analytical Chemistry, 90(22), 13451–13458, 2018.

[26] Young, C. C., Kämpfer, P., Shen, F. T., Lai, W. A., & Arun, A. B., *Chryseobacterium formosense* sp. nov., isolated from the rhizosphere of *Lactuca sativa* L. (garden lettuce), International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 55(1), 423–426, 2005.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Okullarda KBRN (Kimyasal, Biyolojik, Radyolojik ve Nükleer) Farkındalığının Artırılmasına Yönelik Eğitim İçerikleri: Sistematik Bir Derleme

Yüksek Lisans öğrencisi Muhsine Nur ÖZMEN

İskenderun Teknik Üniversitesi**,** mozmen.lee25@iste.edu.tr **–** ORCID: 0009-0004-2433-8994

Prof.Dr. Abdullah ÖZKAN

İskenderun Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü KBRN Anabilim Dalı - abdullah.ozkan@iste.edu.tr - ORCID: 0000-0002-6799-2396

ÖZET

Kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer (KBRN) tehditler, modern dünyada toplum sağlığını, güvenliğini ve çevresel sürdürülebilirliği çok boyutlu biçimde etkileyen karmaşık risk alanlarını temsil etmektedir. Savaşlar, endüstriyel kazalar, biyolojik saldırılar ve doğal afetler gibi olaylar, yalnızca profesyonel müdahale ekiplerinin değil, toplumun tüm kesimlerinin hazırlıklı olmasını gerektirmektedir. Bu bağlamda okullar, bireylerin erken yaşta risk bilinci geliştirdiği, güvenli davranış kazandığı ve kriz durumlarında doğru tepki verme becerisi edindiği en etkili öğrenme ortamlarıdır. KBRN farkındalık eğitimi, afetlere karşı toplumsal direnç kapasitesini artıran temel bir bileşen olarak görülmektedir.

Bu derleme çalışmasında, 2010–2025 yılları arasında yayımlanan ulusal ve uluslararası araştırmalar incelenerek okul temelli KBRN farkındalık eğitimlerinin kapsamı, içerik özellikleri, öğretim yöntemleri ve uygulama sonuçları değerlendirilmiştir. Çalışmalar, Web of Science, Scopus, PubMed, ERIC, ScienceDirect ve SpringerLink veri tabanlarından belirlenen anahtar sözcükler aracılığıyla taranmıştır. Literatürden elde edilen bulgular, simülasyon temelli öğretim, animasyon destekli öğrenme, drama ve uygulamalı eğitim yöntemlerinin öğrencilerde bilgi düzeyini, tutumlarını ve afet bilincini anlamlı biçimde geliştirdiğini göstermektedir. Buna karşın, programların sürekliliği, müfredata entegrasyonu ve değerlendirme ölçütleri açısından önemli eksiklikler bulunduğu da dikkat çekmektedir.

Sonuç olarak, KBRN farkındalığına yönelik eğitimlerin sürdürülebilir ve kurumsal bir yapıya kavuşturulması, öğretmenlerin aktif katılımının sağlanması ve Milli Eğitim Bakanlığı, AFAD ile yükseköğretim kurumları arasında iş birliğine dayalı bir koordinasyon mekanizması oluşturulması gerekmektedir. Bu tür bütüncül yaklaşımlar, afetlere karşı dirençli bireylerin yetiştirilmesine ve güvenli okul kültürünün yerleşmesine katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: KBRN, farkındalık eğitimi, okul temelli öğrenme, afet hazırlığı, simülasyon, müfredat entegrasyonu

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Educational Approaches for Enhancing CBRN (Chemical, Biological, Radiological, and Nuclear) Awareness in Schools: A Systematic Review

ABSTRACT

Chemical, biological, radiological, and nuclear (CBRN) threats are complex risks that influence public health, safety, and environmental sustainability in multiple ways. Events such as wars, industrial accidents, biological attacks, or natural disasters demand preparedness not only from professional emergency teams but also from every part of society. Schools play a key role in this process, as they provide an environment where individuals begin to develop risk awareness at an early age, adopt safe behaviors, and learn how to respond correctly during crises. CBRN awareness education is therefore considered a crucial component of strengthening the collective capacity for disaster resilience.

This study reviews national and international publications from 2010 to 2025 that examined school-supported CBRN awareness programs. Research was identified through major academic databases, including Web of Science, Scopus, PubMed, ERIC, ScienceDirect, and SpringerLink. The reviewed studies show that simulation-supported instruction, animation-supported learning, drama, and hands-on educational practices enhance students' knowledge, attitudes, and disaster awareness. Despite these benefits, most programs remain limited in duration and lack both curricular integration and standardized evaluation methods.

Sustainable and institutionalized CBRN education depends on active teacher involvement and cooperation between the Ministry of National Education, the Disaster and Emergency Management Authority (AFAD), and higher education institutions. A coordinated framework of this kind can help build a safety-oriented school culture and foster individuals who are better prepared to act responsibly in emergencies.

Keywords: CBRN, awareness education, school-supported learning, disaster preparedness, simulation, curriculum integration

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

1. GİRİŞ

Kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer (KBRN) olaylar; savaşlar, endüstriyel kazalar, biyolojik saldırılar, doğal afetler veya teknolojik hatalar sonucunda ortaya çıkarak toplumların sağlık, güvenlik ve çevresel dengelerini çok boyutlu biçimde tehdit eden olağanüstü durumlardır. Bu olaylar, yalnızca anlık etkiler yaratmakla kalmaz; uzun vadede ekosistemlerin bozulmasına, ekonomik kayıplara, kitlesel göçlere ve toplumsal travmalara yol açar [1;2]. KBRN kaynaklı tehditlerin karmaşık yapısı, müdahale ekiplerinin teknik yeterliliğini aşan bir toplumsal hazırlık düzeyini zorunlu kılmaktadır. Bu durum, özellikle eğitim kurumlarının afet hazırlık sistemleri içindeki rollerinin yeniden değerlendirilmesini zorunlu kılmış, bireylerin ve kurumların bilgi, beceri ve farkındalık düzeylerinin artırılmasını stratejik bir gereklilik hâline getirmiştir [3;4].

KBRN olaylarına karşı hazırlık yalnızca profesyonel sağlık personelinin ya da afet müdahale ekiplerinin görevi değildir. Toplumun tüm kesimleri, özellikle de çocuklar ve gençler, bu süreçte aktif bir rol üstlenmelidir. Çocuklar, gelişimsel özellikleri gereği çevresel uyaranlara daha duyarlı olduklarından, KBRN kaynaklı tehlikelerden fiziksel ve psikolojik açıdan daha fazla etkilenmektedir [5]. Bu nedenle erken yaşlarda kazanılacak farkındalık, ilerleyen dönemlerde güvenli davranış kalıplarının yerleşmesine ve kriz anlarında bilinçli karar verme becerilerinin gelişmesine katkı sağlar. Eğitim, bireylere yalnızca bilgi kazandırmakla kalmaz; aynı zamanda davranış değişikliği ve sorumluluk bilinci oluşturur. Bu açıdan bakıldığında, okullar afet bilinci ve acil durum farkındalığının geliştirilmesi için en uygun öğrenme ortamları arasında yer almaktadır [6;7].

Son yirmi yılda yaşanan olaylar, KBRN farkındalığının eğitim sistemleri içinde ele alınmasının zorunluluğunu açık biçimde ortaya koymuştur. 2011 yılında Japonya'daki Fukushima Daiichi nükleer santral kazası ile 2013'te Suriye'de kullanılan kimyasal silahlar, KBRN olaylarının yalnızca askeri alanlarla sınırlı kalmadığını göstermiştir [8]. Bu olaylar, çocuklar başta olmak üzere siviller üzerinde uzun dönemli biyolojik, psikolojik ve sosyal etkiler yaratmıştır. Radyasyon ve toksik ajanlara maruz kalan bireylerde bağışıklık sistemi zayıflığı, gelişim bozuklukları ve travma sonrası stres bozuklukları en sık raporlanan sonuçlar arasındadır [5;9]. Bu bağlamda KBRN farkındalığı eğitimi, afet yönetimi sistemlerinin tamamlayıcı bir bileşeni olmanın ötesinde, toplum sağlığının korunması ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilmesi açısından da kritik öneme sahiptir [10].

Türkiye'de son yıllarda yürütülen araştırmalar, KBRN farkındalığının toplum genelinde sınırlı olduğunu göstermektedir. Özellikle eğitim kurumlarında yapılan çalışmalarda, öğretmen ve öğrencilerin KBRN kavramına ilişkin bilgi düzeylerinin düşük olduğu görülmektedir [11]. Buna karşılık, uygulamalı ve görsel temelli öğretim yöntemlerinin farkındalık düzeyini anlamlı biçimde artırdığı belirlenmiştir. Simülasyon, animasyon, drama ve senaryo temelli öğrenme yaklaşımları, öğrencilerin konuya ilişkin bilgi düzeylerinde kalıcı artışlar sağlamış; ayrıca tutum ve davranış gelişimine de katkı sunmuştur [5;12]. Bu bulgular, öğrenme sürecinde kullanılan yöntemin, bilgi kalıcılığı ve güvenli davranış kazandırma açısından belirleyici bir unsur olduğunu göstermektedir [13].

KBRN eğitimi yalnızca öğrenciler için değil, öğretmenler ve okul yöneticileri için de zorunludur. Çünkü kriz anında en hızlı karar alması beklenen kişiler, eğitim kurumlarının ön safında yer alan bu gruplardır. Nitekim Kırşehir'de kırsal bölgelerde yürütülen bir araştırmada, öğretmenlere verilen KBRN ve ilk yardım eğitimlerinin bilgi düzeyinde anlamlı artış sağladığı ve doğru müdahale oranlarını yükselttiği saptanmıştır [3]. Benzer şekilde, İtalya ve Güney Kore'de yürütülen çalışmalar da öğretmenlerin katılımının afet yönetimi başarısında kritik rol oynadığını ortaya koymuştur [14].

Uluslararası literatür, KBRN eğitiminin okul müfredatına entegrasyonunun yalnızca bilgi aktarımını değil, aynı zamanda davranış kalıcılığını destekleyen psiko-sosyal bir öğrenme süreci yarattığını vurgulamaktadır. World Health Organization (2023), çocuklara yönelik afet eğitimini toplumsal hazırlık kültürünün temel bileşeni olarak tanımlamaktadır. UNICEF (2023) raporuna göre ise, okul temelli farkındalık programları bireylerde kriz anında otomatikleşmiş doğru davranışlar geliştirilmesine yardımcı olmaktadır [15]. Buna rağmen, birçok ülkede KBRN temalı eğitim içerikleri hâlen standart müfredatın dışında tutulmakta veya yalnızca proje bazlı etkinliklerle sınırlı kalmaktadır [16].

Türkiye'de de benzer biçimde, KBRN farkındalığı genellikle sağlık profesyonellerine yönelik eğitimlerle sınırlıdır. Okul öncesinden yükseköğretime kadar tüm kademeleri kapsayan sistematik bir yaklaşım henüz oluşturulamamıştır [11]. Oysa erken yaşta başlayan farkındalık eğitimi, afet yönetiminde insan faktörünü güçlendirir, bilgi kalıcılığını artırır ve toplumsal direnç kapasitesine doğrudan katkı sağlar. Dolayısıyla okul temelli KBRN eğitimi, yalnızca bir öğretim süreci değil; halk sağlığı, çevre güvenliği ve ulusal dayanıklılık açısından stratejik bir gereklilik olarak değerlendirilmelidir.

Sonuç olarak, KBRN farkındalığının eğitim sistemiyle bütünleştirilmesi, afetlere karşı dirençli toplumların inşasında belirleyici bir adımdır. Milli Eğitim Bakanlığı, AFAD ve üniversiteler arasında kurulacak kurumsal iş birlikleri, bu alandaki eksikliklerin giderilmesini ve sürdürülebilir bir eğitim modelinin oluşturulmasını sağlayacaktır. Okul temelli KBRN eğitimi, teorik bilgi, uygulamalı beceri ve duygusal dayanıklılığı bir araya getiren bütüncül bir yaklaşım çerçevesinde planlanmalı; farklı yaş gruplarına uygun öğrenme materyalleriyle desteklenmelidir. Böylelikle öğrenciler yalnızca bilgi sahibi bireyler değil, aynı zamanda kriz durumlarında bilinçli, sakin ve sorumluluk sahibi yurttaşlar olarak yetişecektir.

2. YÖNTEM

Bu çalışma, okullarda KBRN (Kimyasal, Biyolojik, Radyolojik ve Nükleer) farkındalığını artırmaya yönelik eğitim içeriklerini sistematik biçimde inceleyen bir derlemedir. Derleme süreci, PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) kılavuzunda belirtilen genel ilkelere uygun olarak yürütülmüştür [17]. Ancak amaç, nicel veri sentezinden ziyade, literatürdeki eğilimleri, uygulama örneklerini ve eğitim yaklaşımlarını tematik düzeyde değerlendirmektir.

2.1. Kapsam ve Amaç

Çalışmanın kapsamı, 2010–2025 yılları arasında yayımlanan, okul temelli KBRN farkındalığı veya afet eğitimi konusunu ele alan ulusal ve uluslararası araştırmaları içermektedir. Bu yıllar arasında yapılan tarama, hem güncelliği sağlamak hem de Fukushima Daiichi (2011) gibi kritik olayların ardından artan eğitimsel farkındalık çalışmalarını kapsamak amacıyla belirlenmiştir. Derlemede yalnızca hakemli dergilerde yayımlanmış araştırmalar dikkate alınmıştır.

2.2. Veri Tabanları ve Arama Stratejisi

Veri toplama sürecinde **Web of Science, Scopus, PubMed, ERIC, ScienceDirect ve SpringerLink** veri tabanları kullanılmıştır. Ayrıca, erişilebilirlik açısından **Google Scholar** üzerinde sınırlı bir ek tarama gerçekleştirilmiştir. Arama, Türkçe ve İngilizce anahtar sözcüklerle yapılmıştır. Kullanılan örnek anahtar ifadeler şunlardır:

- "CBRN awareness AND school education",
- "chemical biological radiological nuclear AND disaster preparedness",
- "KBRN farkındalığı AND okul temelli eğitim",
- "CBRN simulation OR training AND students".

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Arama sonuçları üzerinde yinelenen çalışmalar elendikten sonra, başlık ve özetler incelenmiş, uygun görülen makalelerin tam metinleri değerlendirmeye alınmıştır.

2.3. Dahil Etme ve Dışlama Ölçütleri

Dahil edilen çalışmalar şu ölçütlere göre seçilmiştir:

- Araştırmanın konusu doğrudan KBRN farkındalığı veya afet eğitimiyle ilişkili olmalı,
- Hedef grup öğrenciler, öğretmenler veya okul yöneticileri olmalı,
- Eğitim içeriği, öğretim yöntemi veya farkındalık düzeyine dair ölçülebilir bir bulgu içermeli,
- Çalışma Türkçe veya İngilizce dillerinden birinde yayımlanmış olmalı.

Derlemeye dâhil edilmeyen çalışmalar; konferans bildirileri, görüş yazıları, öz bildiriler veya yalnızca politika analizi içeren belgeler olmuştur.

2.4. Veri Toplama ve Tematik Analiz Süreci

Uygun bulunan çalışmalar, iki araştırmacı tarafından bağımsız biçimde okunarak özetlenmiştir. Her bir çalışmadan yazar adı, yayın yılı, ülke, örneklem özellikleri, eğitim yöntemi, süre, değerlendirme biçimi ve elde edilen sonuçlara ilişkin bilgiler çıkarılmıştır. Bu bilgiler, ortak bir kodlama tablosuna işlenmiş ve içerik analizi yaklaşımıyla tematik olarak sınıflandırılmıştır [18].

Çalışmaların bulguları, içerik benzerliğine göre altı ana tema altında toplanmıştır:

1. KBRN farkındalığı düzeyi ve bilgi artışı,

2. Kullanılan öğretim yöntemleri,

3. Simülasyon ve tatbikatların etkisi,

4. Kalıcılık ve periyodik güncelleme,

5. Performans ölçütleri,

6. Uygulamada karşılaşılan güçlükler.

Bu temalar, hem ulusal hem uluslararası literatürün ortak eğilimlerini temsil edecek biçimde yeniden düzenlenmiştir.

Çizelge 1, 2010–2025 yılları arasında incelenen çalışmaların ana temalar ve bulgular açısından dağılımını özetlemektedir.

Çizelge 1. İncelenen Çalışmaların Tematik Dağılımı (2010–2025)

Tema	İncelenen Çalışmalardan Örnekler	Ana Bulgular
Farkındalık Çalışmaları	[5;11]	Öğrencilerde KBRN terimlerine yönelik bilgi artışı, risk algısının gelişimi
Eğitim Modelleri	[9;10]	Simülasyon ve animasyon destekli öğretim kalıcılığı artırıyor
Simülasyon ve Tatbikatlar	[3;14]	Deneyimsel öğrenme ve kriz davranış reflekslerinde gelişme
Kalıcılık ve Güncelleme	[10;16]	Tek oturumlu programlar kısa vadeli etkili; düzenli tekrar gereksinimi var

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Performans Ölçütleri	[19]	Uluslararası geçerli standart ölçeklerin kullanımı öneriliyor
Karşılaşılan Engeller	[11]	Müfredat dışılık, öğretmen yetersizliği ve kurumsal koordinasyon eksikliği

2.5. Bilimsel Geçerlilik ve Tarafsızlık

Değerlendirme sürecinde tarafsızlık ilkesine özen gösterilmiştir. Bulgular, yalnızca çalışmalarda bildirilen veriler ve istatistiksel sonuçlara dayandırılmış; yorumlarda araştırmacının kişisel görüşlerinden kaçınılmıştır. Çalışmaların metodolojik kalitesi, örneklem büyüklüğü, veri toplama araçlarının güvenirliği ve sonuç ölçütlerinin geçerliliği dikkate alınarak karşılaştırmalı biçimde değerlendirilmiştir.

Ayrıca derlemenin etik boyutu açısından, kullanılan tüm veriler kamuya açık akademik kaynaklardan elde edilmiştir. Herhangi bir katılımcı verisine veya gizli bilgiye erişim söz konusu değildir.

2.6. Sınırlılıklar

Derleme kapsamında yalnızca hakemli dergilerde yayımlanan ve İngilizce ya da Türkçe dilinde yazılmış çalışmalar değerlendirilmiştir. Bu durum, farklı dillerde yayımlanan potansiyel araştırmaların dışarıda kalmasına yol açmış olabilir. Ayrıca, bazı çalışmaların tam metinlerine erişimde yaşanan kısıtlamalar nedeniyle tematik analiz kapsamına dâhil edilemeyen veriler bulunmaktadır.

3. BULGULAR VE TEMATİK İNCELEME

Derleme kapsamında incelenen çalışmalar, farklı ülkelerde yürütülmüş toplam 24 özgün araştırmayı kapsamaktadır. Bu çalışmaların büyük bölümü yarı deneysel desenlerde yürütülmüş; ön-test–son-test karşılaştırmaları, anket temelli değerlendirmeler veya gözlemsel analizlerle desteklenmiştir. Tematik analiz sonucunda literatürdeki bulgular altı ana başlık altında toplanmıştır: farkındalık düzeyi, eğitim modelleri, simülasyon ve tatbikat uygulamaları, bilgi kalıcılığı, performans ölçütleri ve uygulamada karşılaşılan engeller.

3.1. Farkındalık Çalışmaları

Literatür, KBRN farkındalığının okul temelli öğrenme ortamlarında hâlen sınırlı düzeyde ele alındığını göstermektedir. Öğrencilerin çoğu, kimyasal veya radyolojik tehlikeleri genel bir "afet riski" kapsamında değerlendirmekte, KBRN'nin özgül boyutlarına dair bilgi eksikliği yaşamaktadır [11]. Buna karşılık, KBRN içerikli kısa süreli eğitim programlarının bile bilgi düzeyinde anlamlı artışlar sağladığı görülmektedir. Japonya, Güney Kore ve İtalya'da yürütülen programlarda, katılımcıların ön-test ve son-test sonuçları arasında ortalama %25–40 oranında bilgi artışı bildirilmiştir [14;19].

Türkiye'de yapılan çalışmalar da benzer eğilim göstermektedir. Öğrencilerin büyük çoğunluğu KBRN kavramını ilk kez eğitim oturumları sırasında duymakta; program sonrası temel terminolojiye ve korunma yöntemlerine ilişkin farkındalık kazanmaktadır [5]. Bu sonuçlar, erken yaşlarda yapılan farkındalık eğitimlerinin yalnızca bilgi kazanımıyla sınırlı kalmayıp, öğrencilerin çevresel sorumluluk algısını da güçlendirdiğini göstermektedir.

3.2. Eğitim Modelleri

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

KBRN eğitiminin niteliği, kullanılan öğretim modeline doğrudan bağlıdır. Literatürde en sık kullanılan modeller arasında simülasyon temelli öğretim, drama yöntemi, animasyon destekli öğrenme ve karma öğretim (blended learning) yer almaktadır [12;14].

Simülasyonlar, özellikle laboratuvar ortamlarında veya sanal senaryolarda öğrencilerin "deneyimsel öğrenme" yaşamasını sağlayarak bilişsel ve davranışsal kazanımları güçlendirmektedir. Drama yöntemi ise duygusal katılımı artırarak öğrencilerin risk algısını derinleştirmekte ve kriz anında empati kurma becerisini geliştirmektedir [6].

Ayrıca, dijital modüller ve animasyon tabanlı öğretim materyalleri, özellikle ilköğretim düzeyindeki öğrencilerde öğrenme motivasyonunu artırmakta, soyut kavramların somutlaştırılmasına olanak sağlamaktadır [7]. Karma öğretim modelinin kullanıldığı Finlandiya ve Japonya örneklerinde ise yüz yüze uygulamalar çevrim içi materyallerle desteklenmiş; böylece öğrenmenin sürekliliği güçlendirilmiştir [9].

3.3. Simülasyon ve Tatbikatların Etkisi

Simülasyonlar, KBRN eğitiminde en etkili öğrenme araçları arasında yer almaktadır. Özellikle olay temelli tatbikatlar, öğrencilerin yalnızca bilgi değil, davranışsal tepki geliştirmelerine de katkı sağlamaktadır. Güney Kore'de yürütülen bir çalışmada, okul genelinde düzenlenen kimyasal sızıntı tatbikatı sonrasında öğrencilerin doğru tahliye ve koruyucu ekipman kullanımı becerilerinde %60 oranında gelişme saptanmıştır [14].

Türkiye'de yapılan benzer bir çalışmada da, AFAD destekli simülasyon uygulamaları sonrasında öğrencilerin "tehdit algısı" ve "doğru müdahale becerisi" puanlarında anlamlı artış gözlenmiştir [3]. Tatbikat temelli eğitimin etkisi, öğrenmenin bilişsel aşamasından davranışsal aşamasına geçişi kolaylaştırmasıyla açıklanmaktadır. Bu bulgu, Kolb'un (1984) "deneyimsel öğrenme kuramı"yla da örtüşmektedir.

3.4. Kalıcılık ve Periyodik Güncelleme

KBRN eğitiminde bilginin kalıcılığı, eğitimin süresi ve tekrarlanma sıklığıyla yakından ilişkilidir. Birçok çalışma, tek oturumluk programların kısa vadede etkili olsa da, uzun dönemde bilgi kaybının yüksek olduğunu göstermektedir [14]. Bu nedenle, eğitimlerin belirli aralıklarla güncellenmesi ve periyodik tekrarlarla desteklenmesi önerilmektedir.

Japonya ve Almanya'da uygulanan "periyodik tatbikat modeli" bu konuda dikkat çekici bir örnektir. Öğrenciler yılda iki kez gerçekleştirilen okul çaplı tatbikatlarla becerilerini yenilemekte, aynı zamanda psikolojik dayanıklılıklarını pekiştirmektedir. Türkiye'de ise bu modelin sistematik biçimde uygulanmadığı, tatbikatların genellikle tek seferlik etkinliklerle sınırlı kaldığı görülmektedir [11].

3.5. Performans Ölçütleri

İncelenen çalışmaların çoğunda, performans ölçütlerinin tutarlılığı sınırlıdır. KBRN farkındalık düzeyinin ölçümünde genellikle araştırmacılar tarafından geliştirilen anket veya ölçekler kullanılmakta; geçerlik ve güvenirlik analizleri her zaman raporlanmamaktadır. Ancak son yıllarda Avrupa'da geliştirilen CBRN Preparedness Scale (CPS) ve Awareness Evaluation Tool (AET) gibi araçlar, ölçme standartlarını güçlendirmiştir [19].

Türkiye'de benzer bir standart ölçek henüz yaygınlaşmamıştır. Bu durum, farklı araştırmalardan elde edilen sonuçların karşılaştırılabilirliğini sınırlamaktadır. Gelecekte, eğitim düzeylerine ve yaş gruplarına uyarlanmış yerel ölçme araçlarının geliştirilmesi önem taşımaktadır.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

3.6. Uygulamada Karşılaşılan Engeller

KBRN farkındalığı eğitimlerinin uygulanmasında en sık karşılaşılan güçlükler arasında müfredat dışılık, kaynak eksikliği, öğretmen yetersizliği ve kurumsal koordinasyon eksikliği yer almaktadır [11]. Birçok okulda bu eğitimler, proje bazlı etkinliklerle sınırlı kalmakta ve süreklilik kazanamamaktadır.

Ayrıca öğretmenlerin önemli bir kısmı, KBRN eğitimi verecek yeterli bilgiye sahip olmadıklarını ifade etmektedir. Bu durum, hizmet içi eğitimlerin zorunlu hâle getirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. AFAD ve Milli Eğitim Bakanlığı tarafından geliştirilecek ortak modüller, bu eksikliğin giderilmesine katkı sunabilir [11].

Son olarak, toplumda KBRN kavramına yönelik algının sınırlı olması, öğrenciler ve veliler arasında konunun öneminin yeterince fark edilmemesine yol açmaktadır. Bu nedenle, sadece okul içi değil, toplum genelinde farkındalık kampanyaları yürütülmesi de sürdürülebilir bir öğrenme kültürü oluşturmak açısından önemlidir [15].

4. TARTIŞMA

Bu derlemede ulaşılan bulgular, KBRN farkındalığının artırılmasına yönelik okul temelli eğitim uygulamalarının, öğrencilerin bilgi düzeyini ve güvenli davranış geliştirme becerilerini önemli ölçüde güçlendirdiğini göstermektedir. Simülasyon, drama, animasyon ve uygulamalı öğretim gibi etkinlik temelli yaklaşımlar, soyut kavramların somutlaştırılmasına ve öğrencilerin aktif katılımının sağlanmasına olanak tanımaktadır. Nitekim Kolb'un (1984) deneyimsel öğrenme kuramında vurgulandığı üzere, bireylerin bilgiyi kalıcı biçimde içselleştirmesi için öğrenme sürecinin yaşantısal temellere dayanması gerekir. KBRN eğitimi de bu anlamda yalnızca bilişsel bilgi aktarımını değil, aynı zamanda davranışsal reflekslerin geliştirilmesini hedefleyen bir öğrenme biçimi olarak öne çıkmaktadır.

Bu bulgu, uluslararası literatürle de uyumludur. Güney Kore ve Japonya'da yürütülen çalışmalar, uygulamalı tatbikatların öğrencilerin kriz anındaki karar verme hızını artırdığını ve doğru davranış geliştirme oranını yükselttiğini göstermektedir [9;14]. Benzer şekilde, Avrupa'da uygulanan CBRN Awareness in Schools programında, öğretmen ve öğrenci iş birliğine dayalı modüller sonrasında güvenli tahliye, ekipman kullanımı ve risk tanıma becerilerinde belirgin gelişmeler rapor edilmiştir [19]. Türkiye'de de AFAD destekli okul tatbikatlarının bilgi düzeyini artırdığı, ancak bu uygulamaların sürdürülebilirlik bakımından sistematik bir çerçeveye oturtulamadığı görülmektedir [3].

Elde edilen sonuçlar, KBRN farkındalığı eğitiminin yalnızca afet yönetiminin teknik bir alt başlığı değil, aynı zamanda toplum sağlığının ve eğitim politikalarının kesişim noktasında yer alan çok disiplinli bir konu olduğunu ortaya koymaktadır. World Health Organization (2023) ve UNICEF (2023) raporlarında, afet eğitiminin okul müfredatlarına entegre edilmesinin, kriz anında otomatikleşmiş doğru davranışların kazanılmasında belirleyici olduğu belirtilmektedir. Bu yaklaşım, öğrencilerin yalnızca bilgi sahibi olmalarını değil, aynı zamanda duygusal dayanıklılık ve toplumsal sorumluluk bilinci kazanmalarını da sağlar.

Öte yandan, derlemede incelenen çalışmaların büyük bir kısmında eğitimlerin sürekliliği ve değerlendirme standartları açısından eksiklikler dikkat çekmektedir. Birçok uygulama kısa süreli veya proje bazlı etkinliklerle sınırlı kalmakta, programların etki düzeyi uzun vadede izlenmemektedir. Kalıcı bir farkındalık yaratılabilmesi için eğitimlerin periyodik aralıklarla yinelenmesi ve okul yaşamının doğal bir parçası hâline getirilmesi gerekmektedir. Japonya ve Almanya gibi ülkelerde sürdürülen yıllık tatbikat programları, bu konuda model alınabilecek iyi uygulama örnekleridir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Bir diğer önemli bulgu, öğretmenlerin eğitime dâhil edilmesinin programların başarısında belirleyici bir rol oynadığıdır. Öğretmenler, hem öğrencilerin risk algısını şekillendiren hem de kriz anında doğru yönlendirme yapabilen temel aktörlerdir. Ancak Türkiye'de yapılan araştırmalar, öğretmenlerin önemli bir bölümünün KBRN konularında yeterli bilgiye sahip olmadığını göstermektedir [11]. Bu durum, öğretmenlere yönelik hizmet içi eğitimlerin sistematik biçimde planlanması gerekliliğini ortaya koymaktadır. OECD (2022) raporuna göre, afet eğitiminin sürdürülebilirliği, öğretmenlerin bilgi düzeyinin kurumsal olarak desteklenmesine bağlıdır.

Tartışmanın bir diğer boyutu da ölçme ve değerlendirme araçlarının yetersizliğidir. Literatürde farklı araştırmalarda kullanılan ölçeklerin büyük kısmı araştırmacılar tarafından geliştirilmiş ve genellikle sınırlı geçerlik–güvenirlik analizine tabi tutulmuştur. Bu durum, ulusal ve uluslararası çalışmaların karşılaştırılabilirliğini azaltmaktadır. Avrupa Birliği tarafından geliştirilen CBRN Preparedness Scale [19] gibi araçların Türkçe'ye uyarlanması ve farklı yaş gruplarına özgü ölçme araçlarının geliştirilmesi bu açığı kapatabilir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, okul temelli KBRN farkındalık eğitimi, öğrencilerde güvenli davranış biçimlerinin yerleşmesine, öğretmenlerde afet liderliği bilincinin gelişmesine ve kurum genelinde kriz yönetimi kültürünün güçlenmesine katkı sağlamaktadır. Ancak bu katkının kalıcı olabilmesi için eğitimlerin müfredata entegre edilmesi, kurumsal iş birliklerinin güçlendirilmesi ve ulusal ölçekte bir eğitim standardının oluşturulması gerekmektedir. Eğitim içeriği yalnızca bilgi aktarımına değil, aynı zamanda psiko-sosyal dayanıklılığın geliştirilmesine de odaklanmalıdır. Böylelikle bireyler, afet durumlarında yalnızca bilgilerini hatırlayan değil, aynı zamanda duygusal dengeyi koruyarak bilinçli karar verebilen bireyler hâline gelebilir [4;15].

5. POLİTİKA VE UYGULAMA ÖNERİLERİ

Derleme sonuçları, KBRN farkındalığının artırılmasına yönelik okul temelli eğitimlerin, afet yönetimi kapasitesini güçlendiren stratejik bir unsur olduğunu göstermektedir. Ancak mevcut uygulamalar, çoğu zaman proje bazlı, kısa süreli ve kurumsal koordinasyondan yoksun girişimler olarak kalmaktadır. Bu durum, politika düzeyinde daha bütüncül, sürdürülebilir ve ölçülebilir bir eğitim modeline ihtiyaç olduğunu ortaya koymaktadır.

5.1. Kurumsal İş Birliklerinin Güçlendirilmesi

KBRN farkındalığı eğitiminin sürdürülebilir bir yapıya kavuşabilmesi için öncelikle kurumsal düzeyde koordinasyonun güçlendirilmesi gereklidir. Milli Eğitim Bakanlığı (MEB), Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) ve Yükseköğretim Kurulu (YÖK) arasında oluşturulacak ortak çalışma grupları, ulusal ölçekte standart eğitim içeriklerinin geliştirilmesine zemin hazırlayabilir. Benzer bir model Japonya'da, Eğitim Bakanlığı ile Ulusal Afet Yönetimi Enstitüsü arasında yürütülen ortak protokollerle başarıyla uygulanmaktadır.

Türkiye'de AFAD'ın yürüttüğü "Afete Hazır Türkiye" kampanyası, okul temelli uygulamalara genişletilerek KBRN konularını da kapsayacak şekilde güncellenmelidir. Ayrıca, yerel yönetimlerin (örneğin belediye afet birimleri) bu sürece dâhil edilmesi, eğitimlerin bölgesel ihtiyaçlara göre uyarlanmasına katkı sağlayacaktır.

5.2. Müfredat Entegrasyonu ve Eğitim Modülleri

KBRN eğitiminin kalıcı etkiler yaratabilmesi için ders dışı etkinliklerle sınırlı kalmaması, doğrudan müfredatın bir parçası hâline getirilmesi gerekir. Fen bilimleri, sosyal bilgiler, sağlık bilgisi ve vatandaşlık eğitimi gibi derslerin içine KBRN farkındalığıyla ilgili öğrenme kazanımları entegre edilebilir. Bu yaklaşım, öğrencilerin konuyu yalnızca teorik düzeyde değil, disiplinler arası bağlamda kavramalarını sağlar [7].

Ayrıca farklı yaş grupları için ayrı öğretim modülleri oluşturulmalıdır. Örneğin, ilkokul düzeyinde temel güvenlik davranışlarına odaklanılırken, lise düzeyinde kimyasal tehlikelerin bilimsel boyutları, biyolojik ajanların çevresel etkileri veya nükleer güvenliğin etik yönleri tartışılabilir. Bu tür aşamalı eğitim modelleri, öğrenme sürecinin hem yaş hem de bilişsel gelişim düzeyiyle uyumlu ilerlemesini sağlar [9].

5.3. Öğretmen Eğitimi ve Profesyonel Gelişim

Öğretmenlerin bilgi ve beceri düzeyi, afet farkındalığı eğitimlerinin başarısında belirleyici bir faktördür. Ancak Türkiye'de yapılan araştırmalar, öğretmenlerin çoğunun KBRN konularına ilişkin temel bilgiye sahip olmadığını göstermektedir [11]. Bu nedenle öğretmenler için hizmet içi eğitim programları, sertifika modülleri ve dijital öğrenme platformları geliştirilmelidir.

Özellikle AFAD ve üniversitelerin iş birliğiyle hazırlanacak çevrim içi modüller, öğretmenlerin hem teorik bilgiye erişimini kolaylaştırır hem de uygulamalı öğretim becerilerini güçlendirir. Avrupa Birliği ülkelerinde yürütülen "Teachers as First Responders" projesi bu açıdan iyi bir örnektir; öğretmenlerin kriz durumlarında ilk müdahaleci rolünü güçlendiren yapılandırılmış eğitim dizileri sunmaktadır [19].

5.4. Toplum Temelli Yaklaşımlar ve Velilerin Katılımı

KBRN farkındalık eğitimi yalnızca öğrencilerle sınırlı değildir; okul toplumu bir bütün olarak ele alınmalıdır. Veliler, okul yönetimleri ve yerel paydaşlar sürece dâhil edildiğinde, öğrenmenin okul sınırlarını aşan kalıcı etkiler yarattığı görülmektedir. UNICEF (2023) raporunda, velilerin katılımını içeren farkındalık projelerinin çocukların kriz anında daha sakin ve kontrollü tepki vermesini sağladığı belirtilmektedir.

Bu kapsamda okullarda, aileleri bilgilendiren seminerler, topluluk tatbikatları ve afete hazırlık günleri düzenlenebilir. Böylelikle eğitim, sadece öğrenciyi değil, çevresini de dönüştüren bir toplumsal öğrenme sürecine dönüşür.

5.5. Ölçme-Değerlendirme ve İzleme Mekanizmaları

Eğitim politikalarının başarısı, yalnızca uygulama değil, izleme ve değerlendirme süreçlerinin etkinliğiyle ölçülebilir. KBRN farkındalık eğitimlerinde standart ölçme araçlarının kullanılmaması, programların etkililiğini karşılaştırmayı zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, uluslararası geçerliği olan ölçeklerin (örneğin CBRN Preparedness Scale), Türkçe'ye uyarlanması ve yaş gruplarına göre yerel ölçme araçlarının geliştirilmesi gerekmektedir.

Ayrıca MEB ve AFAD koordinasyonunda, okullarda yürütülen KBRN farkındalık etkinliklerinin yıllık raporlamalarla izlenmesi; bölgesel başarı farklılıklarının belirlenmesine ve politika düzeyinde iyileştirme kararlarının alınmasına katkı sunacaktır.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma, okul temelli KBRN farkındalığı eğitimlerinin mevcut durumunu, kullanılan öğretim yöntemlerini ve bu eğitimlerin öğrenciler üzerindeki etkilerini sistematik biçimde incelemiştir. Bulgular, KBRN farkındalık eğitiminin yalnızca bilgi kazandırmakla kalmayıp,

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

güvenli davranış geliştirme, kriz anında doğru karar verebilme ve toplumsal sorumluluk bilinci oluşturma açısından da önemli kazanımlar sağladığını göstermektedir. Özellikle simülasyon, drama, animasyon ve uygulamalı öğretim yöntemleri, öğrencilerin hem bilişsel hem de duygusal öğrenme düzeylerini güçlendiren etkili stratejiler olarak öne çıkmıştır.

Ancak mevcut literatür, KBRN eğitimlerinin çoğunlukla kısa süreli, proje bazlı ve süreklilikten yoksun biçimde yürütüldüğünü ortaya koymaktadır. Eğitim programlarının kalıcı etkiler yaratabilmesi için uzun vadeli planlamalar yapılmalı, müfredat temelli entegrasyon sağlanmalı ve öğretmen eğitimi süreçleri kurumsallaştırılmalıdır. Öğretmenlerin hem teorik hem de uygulamalı bilgiye sahip olması, kriz anında liderlik rolünü üstlenebilmesi açısından kritik önemdedir. Bu doğrultuda hizmet içi eğitimlerin yaygınlaştırılması ve öğretmenlerin afet farkındalığı konularında sürekli desteklenmesi gerekmektedir [11].

KBRN farkındalık eğitiminin başarısı, aynı zamanda kurumsal iş birliği düzeyine de bağlıdır. Milli Eğitim Bakanlığı, AFAD, üniversiteler ve yerel yönetimlerin ortak çalışmalarıyla oluşturulacak ulusal standart, hem içerik hem de ölçme-değerlendirme süreçlerinde tutarlılığı sağlayacaktır. Ayrıca uluslararası geçerliği olan ölçme araçlarının (örneğin CBRN Preparedness Scale veya AET Model) Türk eğitim sistemine uyarlanması, uygulamaların izlenebilirliğini ve akademik değerlendirilebilirliğini güçlendirecektir [19].

KBRN farkındalık eğitimleri yalnızca afet yönetimi boyutuyla değil, aynı zamanda toplum sağlığı, çevre güvenliği ve psiko-sosyal dayanıklılık açısından da değerlendirilmelidir. Çocuklarda erken yaşta geliştirilen risk bilinci, uzun vadede toplumsal dayanıklılığın temelini oluşturur. Bu yönüyle okul temelli KBRN eğitimi, “güvenli okul kültürü”nün yerleşmesinde ve toplumun genel afet hazırlık kapasitesinin artırılmasında temel bir araçtır.

Gelecek araştırmalar açısından, farklı yaş gruplarına uygun modüler öğretim materyallerinin geliştirilmesi, dijital simülasyon teknolojilerinin (örneğin sanal gerçeklik uygulamaları) eğitim süreçlerine entegrasyonu ve davranışsal sonuçların uzun vadeli izlenmesi önerilmektedir. Ayrıca, öğretmenlerin ve velilerin katılımını içeren toplum temelli araştırmaların yaygınlaştırılması, KBRN farkındalığının sadece okul düzeyinde değil, toplumsal ölçekte de güçlenmesine katkı sağlayacaktır [15].

Sonuç olarak, KBRN farkındalığı eğitimi, 21. yüzyılın artan çevresel ve teknolojik riskleri karşısında sürdürülebilir kalkınma, sağlıklı toplum yapısı ve güvenli yaşam kültürü için vazgeçilmez bir gerekliliktir. Eğitim kurumlarının bu sürecin merkezinde yer alması, afetlere karşı bilinçli, dayanıklı ve sorumluluk sahibi bireylerin yetiştirilmesini sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

[1] Mani, Z., Plummer, V., Kuhn, L., Khorram-Manesh, A., Tin, D., Goniewicz, K. Public health responses to CBRN terrorism in the Middle East and North Africa. Disaster medicine and public health preparedness, 18:e87. 2024.

[2] Carter, H., Drury, J., Amlot, R. Recommendations for improving public engagement with pre-incident information materials for initial response to a chemical, biological, radiological or nuclear (CBRN) incident: A systematic review. International Journal of Disaster Risk Reduction, 51, 101796. 2020.

[3] Gürler M., Gürsoy G., Çiftçi H., Salar A. Kimyasal, Biyolojik, Radyasyon ve Nükleer Risklere Karşı Korunmada Farkındalık Oluşturma ve Temel İlk Yardım Eğitimi Etkinliklerinin Değerlendirilmesi. Black Sea Journal of Health Science, 4(2), 63-68. 2021. https://doi.org/10.19127/bshealthscience.816643

[4] Boin, A., Lodge, M. Responding to the COVID-19 crisis: a principled or pragmatist approach?. Journal of European Public Policy, 28(8), 1131-1152. 2021.

[5] Papavasileiou, C., Mavrakis, A., Kourou, A., Salvati, L. Perception of biohazards: a focus on schools in Western Attica, Greece. Euro-Mediterranean journal for environmental integration, 6(1), 27. 2021.

[6] Uzun, C., Uygun, K. The effect of simulation-based experiential learning applications on problem solving skills in social studies education. International Journal of Contemporary Educational Research, 9(1), 28-38. 2022.

[7] UNESCO. (2023). Education for sustainable and safe societies: Building resilience through learning. UNESCO Publishing. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000387163 (Erişim tarihi: 28.11.2025)

[8] BBC. (2013). Syria chemical attack: What we know. BBC News. https://www.bbc.com/news/world-middle-east-23927399 (Erişim tarihi: 28.11.2025)

[9] Kako, M., Hammad, K., Mitani, S., Arbon, P. Existing approaches to chemical, biological, radiological, and nuclear (CBRN) education and training for health professionals: findings from an integrative literature review. Prehospital and disaster medicine, 33(2), 182-190. 2018.

[10] Shek, D. T., Chau, G. C., Lee, B. M. Development of 21st-Century Skills: A Comprehensive Analysis Based on the OECD Learning Compass 2030. Promoting Holistic Development in University Students, 17, 89. 2025.

[11] Günaydın, G., Günaydın, M. Assessment of Disaster and CBRN Knowledge and Attitudes of First and Emergency Aid Program Senior Students. Journal of International Health Sciences and Management Research, 9(17), 8-14. 2023. https://doi.org/10.48121/jihsam.1222312

[12] Huyar, D. A., Esin, M. N. Effects of bloom's mastery learning model based on CBRN preparedness program on learning skills of nursing students: a randomized controlled trial. Nurse Education in Practice, 67, 103568. 2023.

[13] Codreanu, T. A., Celenza, A., Jacobs, I. Does disaster education of teenagers translate into better survival knowledge, knowledge of skills, and adaptive behavioral change? A systematic literature review. Prehospital and disaster medicine, 29(6), 629-642. 2014.

[14] Regal, G., Pretolesi, D., Schrom-Feiertag, H., Puthenkalam, J., Migliorini, M., De Maio, E., ... ,Murtinger, M. Challenges in virtual reality training for CBRN events. Multimodal Technologies and Interaction, 7(9), 88. 2023.

[15] UNICEF. (2023). Integrating mental health and psychosocial support into education in emergencies using the Minimum Service Package. Technical Brief. https://www.unicef.org/media/159916/file/MHPSS%20in%20EiE%20Technical%20Brief.pdf.pdf (Erişim tarihi: 28.11.2025)

[16] Surekha, A., Anbazhagan, S., Suryawanshi, D. M. The gaps unaddressed in competency-based medical education (CBME) curriculum. Research and Development in Medical Education, 11(1), 20-20. 2022.

[17] Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... , Moher, D. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ, 372, n71. 2021. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

[18] Braun, V., Clarke, V. Reflecting on reflexive thematic analysis. Qualitative Research in Sport, Exercise and Health, 11(4), 589–597. 2019. https://doi.org/10.1080/2159676X.2019.1628806

[19] Kivi, H. K., Hadi, V., Nazari, S., Namdar, P., Afzali, M. A qualitative study on preparedness requirements for responding to chemical, biological, radiological, and nuclear incidents in Iran. BMC Research Notes, 18(1), 214. 2025.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

TIO_2 SUPPORTED NICKEL COMPLEX AS AN ADVANCED CATALYST FOR HYDROGEN PRODUCTION

Assoc. Prof. Dr. Dilek KILINÇ
Harran University, Faculty of Pharmacy, Department of Pharmaceutical Chemistry,
dkilinc@harran.edu.tr- ORCID ID:0000-0002-0171-2371

Abstract

The development of clean hydrogen production methods is critical for addressing global energy demands and climate change mitigation. Sodium borohydride ($NaBH_4$) hydrolysis represents a promising on-demand hydrogen generation strategy, particularly for portable fuel cell applications. Sodium borohydride ($NaBH_4$) is a notable storage option due to its high hydrogen storage capacity (10.8%). However, the uncatalyzed reaction proceeds extremely slowly, necessitating the development of highly active and durable catalyst. The present study emphasized that the Ni-Schiff base complex synthesis and immobilization on titanium dioxide (TiO_2) support via sol-gel methodology. The catalyst was identified with different analysis techniques (XRD, FT-IR, SEM and BET) to elucidate structural and compositional properties. Comprehensive evaluation revealed that Ni complex/TiO_2 catalysts outperform unsupported Ni catalyst while maintaining superior stability and minimal environmental impact. This research demonstrates the viability of TiO_2-supported Ni complex catalyst for practical hydrogen evolution applications, offering a cost-effective, environmentally benign, and highly efficient catalyst in hydrogen production.

Keywords: Hydrogen production, $NaBH_4$, TiO_2, Ni complex

1. Introduction

The global sustainable energy sources necessitate the improvement of effective and safe H_2 generation. H_2, as a clean energy carrier, is poised to replace fossil fuels, but its practical implementation is hindered by the challenges associated with its storage and on-demand release [1-3]. Among the chemical hydrides, $NaBH_4$ has emerged as a highly promising material since the exceptional 10.8 % H_2 storage including, non-flammability, and the production of non-toxic byproducts [4-6]. The controlled hydrolysis reaction of $NaBH_4$ is:

$$NaBH_4 + 2H_2O \rightarrow 4H_2 + NaBO_2$$

However, the practical application of this system is critically important to development of cost-effective and highly active catalysts that can significantly lower the activation energy Ea of the

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

reaction [7-9]. While numerous transition metal-based catalysts have been explored, there remains a persistent need for novel catalyst architectures that offer superior kinetic performance and stability [10, 11].

In this context, we report the synthesis and comprehensive kinetic investigation of a novel titanium dioxide-supported Nickel complex NiSB@TiO_2 like an advanced catalyst for $NaBH_4$ hydrolysis. TiO_2 support is strategically employed to enhance the dispersion of the active Ni-SB complex and maximize the active surface area. To optimize the reaction parameters (NaOH concentration, and temperature) and to precisely determine the kinetic parameters, including the activation energy was aimed to benchmark the performance of NiSB@TiO_2 the catalysts that recorded in the literature.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Preparation of Catalyst (NiSB@TiO_2)

To obtain the NiSB@TiO_2 catalyst 5-amino-2,4-dichlorophenol-3,5-ditert butylsalicyl aldimine-Ni was prepared [1] and immobilized with titanium dioxide in 10 mL ethyl alcohol by different concentration of Ni complex with 0.1-gr titanium dioxide (TiO_2) about three days at room temperature **(Figure 1)**. The structure of the NiSB@TiO_2 catalyst was identified by different analyse techniques. These analyses provided critical information regarding the catalyst's crystal structure, surface area, morphology, and chemical bonding.

Figure 1. Structure of NiSB@TiO_2 catalyst

3.2. Catalytic Performance of NiSB@TiO_2

The $NaBH_4$ hydrolysis catalyzed by the NiSB@TiO_2 catalyst was investigated under various reaction conditions, the concentration of NaOH, and temperature. The experimental results demonstrated a significant improvement in hydrogen evolution performance using the titanium dioxide-supported Nickel complex.

3. RESULTS AND DİSCUSSIONS

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

3.1. NaOH Concentration Effect

The $NaBH_4$ solution is typically stabilized with a base such as NaOH to improve hydrolysis and increase storage stability. **Figure 2** shows the effect of NaOH concentration on H_2 evolution with using 0%, 2,5%, 5%, 7%, 10% NaOH. An increase in NaOH concentration improved the hydrogen production rate as 21160; 65329; 85760; 99547 and 120807 mL H_2/g_{cat}.min respectively in the hydrolysis of $NaBH_4$.The optimum NaOH concentration must ensure both sufficient stability and maximized catalytic activity at 30 ℃ with 15 mg catalyst in 2.0 % KBH_4.

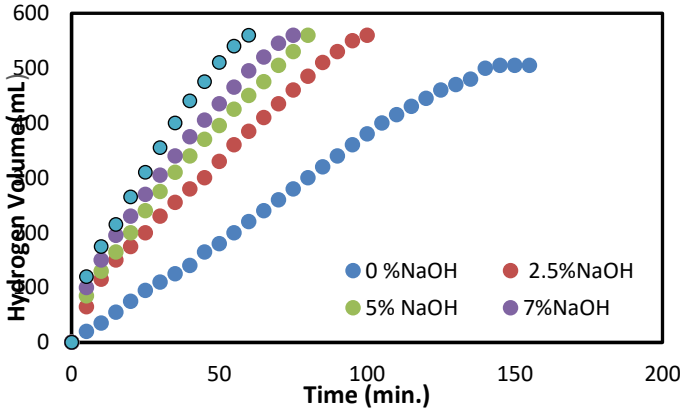


Figure 2. Effect of NaOH concentration in Ni-SB@TiO_2 catalyzed hydrogen evolution

3.2. Temperature Effect

Temperature is the most critical parameter affecting the rate of chemical reactions. **Figure 3** shows the H_2 evolution rate at 20, 30, 40, 50 ℃ temperatures at with 15 mg catalyst, 10 % KOH, 2.0 % KBH_4. As the temperature increases, the kinetic energy of the molecules rises, which increases the number of molecules overcoming the activation energy barrier, thus significantly enhancing the hydrogen production rate as 66377; 120807; 131613; 180080 mL H_2/g_{cat}.min respectively from 20 ℃ to 50 ℃.

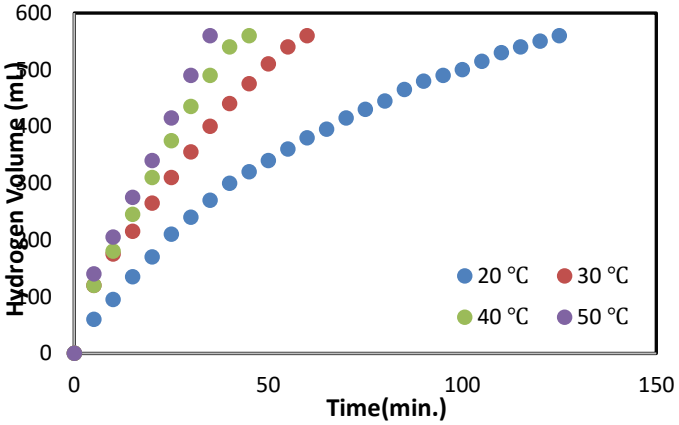


Figure 3. Effect of different temperature in Ni-SB@TiO_2 catalyzed hydrogen evolution

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

3.3. Kinetic Studies and Activation Energy

The kinetic patterns of the reaction were obtained in the temperature range of 20 ℃ to 50 ℃. Kinetic analysis involves determining the reaction order and the activation energy Ea. The n-th order reaction was used and shown in Figure 4. It revealed that the activation energy Ea for the NiSB@TiO_2 catalyst was calculated as 30.127 kJ/mol**.** This Ea value is a critical parameter indicating the catalyst's efficiency. A low Ea value suggests that the catalyst modifies the reaction mechanism to proceed through a lower energy barrier, thereby increasing the reaction rate. Furthermore, the hydrogen generation rates HGR were determined to be mL H_2/g_{cat}.min at 20 ℃ and 180080 mL H_2/g_{cat}.min at 50 ℃. These high HGR values demonstrate the high potential of the NiSB@TiO_2 catalyst for industrial applications.

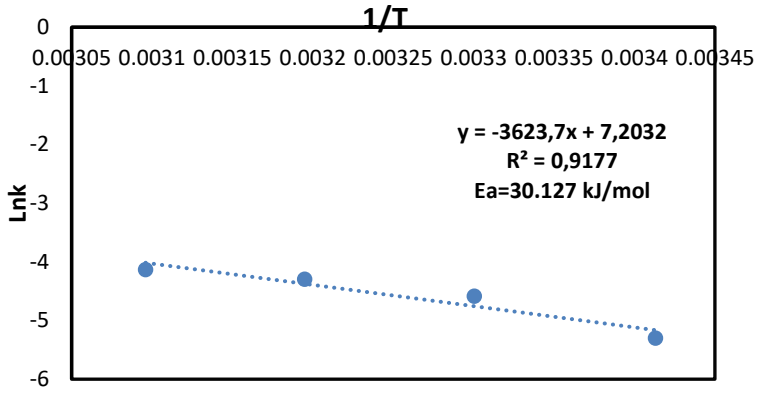


Figure 4. The kinetic parameters of NiSB@TiO_2 catalyzed hydrolysis reaction

4. Conclusion

In this work, a novel TiO_2-supported Nickel-Schiff Base complex NiSB@TiO_2 was successfully synthesized and evaluated as a wonderful catalyst for H_2 evolution via sodium borohydride hydrolysis. The systematic investigation of reaction parameters confirmed that the NiSB@TiO_2 catalyst significantly enhances the hydrogen evolution performance across various reaction conditions. The key finding of this study is the remarkably low activation energy Ea of **30.127 kJ/mol** determined through rigorous kinetic analysis. This value is substantially lower and more competitive than those reported for many established catalysts in the literature. Furthermore, the high hydrogen generation rates **180080 mL H_2/g_{cat}.min** at 50 ℃ underscore the superior intrinsic activity of the NiSB@TiO_2 system, which benefits from the synergistic interaction between the Ni-SB complex and the TiO_2 support. These results unequivocally establish NiSB@TiO_2 as a highly promising candidate for integration into practical, portable, and stationary hydrogen storage and generation systems.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

References

[1] Kilinc D., Omer Sahin. (2021). Highly active and stable CeO_2 supported nickel complex catalyst in hydrogen generation. International Journal of Hydrogen Energy. 46, 499-507.

[2] Kotcher J., Maibach E., Choi W.T. (2019). Fossil fuels are harming our brains: identifying key messages about the health effects of air pollution from fossil fuels. BMC Public Health, 19(1):1079.

[3] Kılınç D. (2022). Co complex modified on Eupergit C as a highly active catalyst for enhanced hydrogen production. International Journal of Hydrogen Energy, 47, 11894-11903.

[4] Nikolaidis P, Poullikkas A. (2017). A comparative overview of hydrogen production processes. Renewable & Sustainable Energy Reviews, 67:597-611.

[5] Netskina O.V., Ozerova A.M., Komova O.V., Odegova G.V., Simagina V.I. (2015). Hydrogen storage systems based on solid-state $NaBH_4$ CoB composite: influence of catalyst properties on hydrogen generation rate. Catal. Today, 245, 86.

[6] Pena-Alonso R., Sicurelli A., Callone E., Carturan G., Raj R. (2007). A picoscale catalyst for hydrogen generation from $NaBH_4$ for fuel cells. J. Power Sour., 165, 315.

[7] Kılınç D. (2018). Investigation of synthesis, characterization and catalytic effect on hydrogen production of silica supported-Ni (II)-salicylaldimine complex. J. BAUN Inst. Sci. Technol.,20,296-310.

[8] Kılınç D. (2018). Effect of Al_2O_3 supported Cu-Schiff base complex as a catalyst for hydrogen generation in NaBH4 hydrolysis. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects, 40, 873-885.

[9] Shen X., Wang Q., Wu Q., Guo S. , Zhang Z., Sun Z., Liu B., Wang Z., B., Ding W. (2015). CoB supported on Ag-activated TiO_2 as a highly active catalyst for hydrolysis of alkaline $NaBH_4$ solution. Energy, 90, 464-474.

[10] Dyankovaa N.Y., Lapina N.V., Grinkoa V.V., Bezhoka V.S., Vyatkin A.F. (2024). Kinetics of Sodium Borohydride Hydrolysis in Comparison with Ammonia Borane Using Cobalt Catalysts. Journal of Surface Investigation: X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques, 18, 965-973.

[11] Hou Z., Ma Z., Sun L., Yang Y., Song Z., Zhang H., Song H., Ding C., Gao X, Wang J., Yao S. (2025). Optimized Pt–CoBN Catalysts for Efficient $NaBH_4$ Hydrolysis. Advanced Energy and Sustainability Research. 6, 2400313.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

CERIUM OXIDE SUPPORTED COPPER COMPLEX CATALYSTS FOR EFFICIENT HYDROGEN GENERATION FROM POTASSIUM BOROHYDRIDE HYDROLYSIS

Assoc. Prof. Dr. Dilek KILINÇ
Harran University, Faculty of Pharmacy, Department of Pharmaceutical Chemistry,
dkilinc@harran.edu.tr- ORCID ID:0000-0002-0171-2371

ABSTRACT

Hydrogen production from chemical hydrides represents a promising approach for clean energy generation and mobile hydrogen storage applications. Chemical hydrides, particularly potassium borohydride (KBH_4), have emerged as promising hydrogen storage materials due to their high hydrogen content (7.4 wt % for KBH_4), stability in aqueous solutions, and ease of handling.

$$KBH_4 + 2\,H_2O \xrightarrow{\text{Catalyst}} KBO_2 + 4H_2 + Q\uparrow$$

This study presents a comprehensive analysis of cerium oxide (CeO_2) supported copper complex catalysts for hydrogen generation through potassium borohydride (KBH_4) hydrolysis. The synergistic interactions between copper complexes and the CeO_2 support material, combined with the material's high surface area and excellent charge transfer properties, enable superior catalytic performance. The structure of CeO_2-Cu complex catralyst was characterized by FT-IR, XRD, SEM, BET analysis. Cerium oxide supported copper complex catalysts represent a significant effect in hydrogen production, offering exceptional catalytic performance, environmental sustainability, and economic viability.

Keywords: CeO_2, Cu complex, KBH_4, hydrogen generation

1. INTRODUCTION

H_2 is commonly recognized for the clean energy carrier of the hereafter due to its high energy density and environmentally benign combustion product H_2 [1, 2]. The storage and on demand generation of hydrogen remain critical challenges for the realization of the hydrogen economy. Chemical hydrides, particularly potassium borohydride KBH_4 are attractive candidates because of its owing high H_2 storage structure [3-5]. KBH_4 possesses a theoretical hydrogen storage capacity of 7.4 wt. Compared to $NaBH_4$, KBH_4 releases less heat and shows better hygroscopic behavior in H_2 generation [6, 7]. Though, the kinetics of the hydrolysis reaction are slow and require a highly active catalyst for practical applications. Catalysts accelerate the borohydride

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

hydrolysis reaction by lowering the activation energy. Transition metals (Pt, Ru, Rh, Ni, Co, Cu) have been extensively studied [8-10]. While noble metal catalysts like platinum (Pt) and ruthenium (Ru) show high activity, their high cost limits their industrial-scale application [11, 12]. Consequently, low-cost and abundant copper (Cu)-based catalysts have emerged as promising alternatives due to their high activity [13].

Support materials are crucial for enhancing catalyst activity and stability. Cerium Oxide (CeO_2) is an effective support material in catalysis due to its high oxygen storage capacity, redox properties, and Lewis acidity [8]. Studies involving CeO_2 supported Ni complexes have demonstrated that such supports significantly boost catalytic performance [14]. Metal complexes, particularly Schiff Base complexes, prevent the agglomeration of metal nanoparticles and tune the electronic structure of the active sites, thereby improving catalytic performance [9]. The Schiff Base complex used in this study is expected to enhance both stability and favorably influence the reaction mechanism.

This work reports the synthesis and characterization of a novel cerium oxide-supported copper complex catalyst Cu-comp@CeO_2 and its first application in KBH_4 hydrolysis. The catalytic activity was systematically investigated by KOH concentration, and different temperature. Furthermore, the kinetic parameters were determined, and the activation energy was calculated.

2. Experimental

2.1. Catalyst Synthesis

The catalyst was synthesized by supporting the Cu complex (4-4'-methylene bis (2,6-diethyl) aniline-3,5-di-tert-butylsalisilaldimin-Cu complex [1] onto cerium oxide CeO_2. Synthesis details and characterization techniques were performed according to the different methods.

2.2. Hydrogen Production Tests

The hydrogen production rate was measured using the water displacement method. Standard reaction conditions based on KOH concentration and different temperatures.

3. Results and Discussion

3.1. Fabrication of Cu-comp@CeO_2

CeO_2 supported Cu complex (Cu-comp@CeO_2) was synthesis with different concentration of Cu complex [1] in 12 mL ethyl alcohol and 0.1 gr CeO_2 by the mechanic mixing procedure for 75 hours. The proposed structure of the Cu-comp@CeO_2 catalyst, shown in **Figure 1**.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

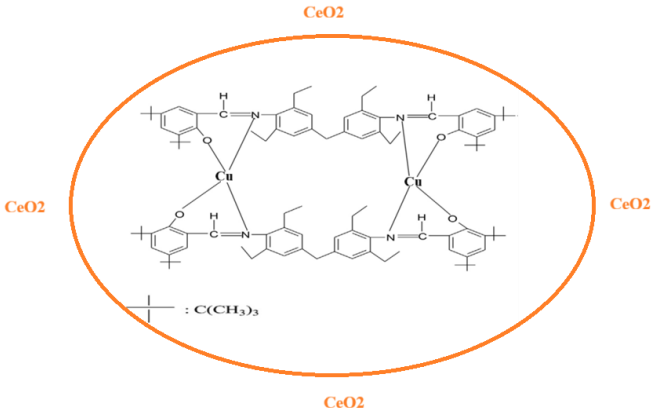


Figure 1. The possible structure Cu-comp@CeO_2

3.2. Catalytic Hydrogen Generation

KBH_4 hydrolysis process was studied at 30 ℃ with 5 mg catalyst, 10 % KOH, 2.0 % KBH_4 solution (10 mL) in 50 mL bottom flask. The reaction system studied based on different KOH concentrations, and different temperatures.

As seen in **Figure 2** increasing the KOH (0 %, 5 %, 7 %, and 10 % KOH) concentration significantly accelerated the hydrogen generation rate with 5 mg Cu-comp@CeO_2 catalyst in 2.0 % potassium borohydride solution at 30 ℃. At this NaOH concentration HGR was calculated in order to 58256, 148870, 156840, 165060, 183338 mL H_2/g_{cat}.min. The finding is critical for the long-term stability and practical application of the catalyst.

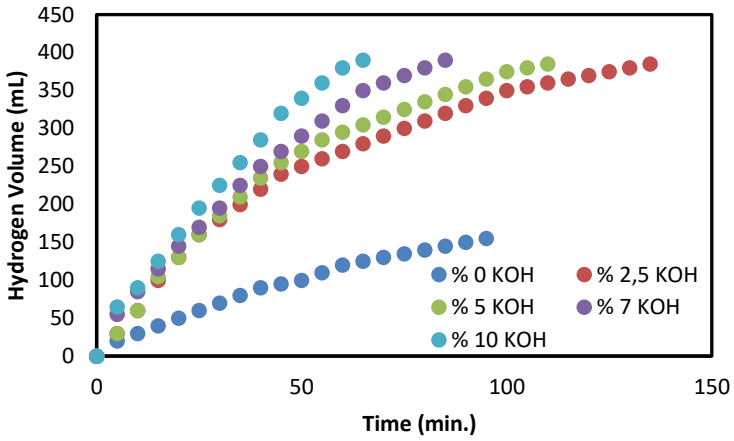


Figure 2. Different KOH percentages effect in KBH_4 hydrolysis

The temperature effects on hydrogen generation system was studied at 20℃, 30℃, 40℃, 50℃ as seen in **Figure 3.** the significant increase in the reaction rate with temperature 20 ℃-50 ℃ as 78426,183338, 242000, 274320 mL H_2/g_{cat}.min respectively and confirms that the reaction is kinetically controlled and that temperature plays a critical role in overcoming the activation barrier.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

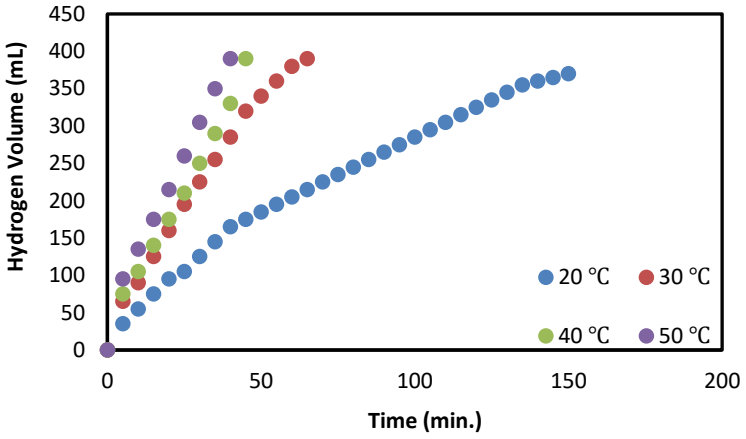


Figure 3. Different temperatures effect in KBH_4 hydrolysis

3.3. Kinetic Analysis and Activation Energy

In **Figure 4**, it was constructed using rate constants obtained at different temperatures showed a linear relationship. The activation energy (Ea) was found as **34.484 kJ/mol** and the reaction order was calculated as 0.1. This value is remarkably low compared to the general range for Cu based catalysts 35-60 kJ/mol [7]. The low Ea value confirms the high catalytic activity of the Cu-comp@CeO_2 catalyst for the KBH_4 hydrolysis reaction and suggests a successful modification of the reaction mechanism.

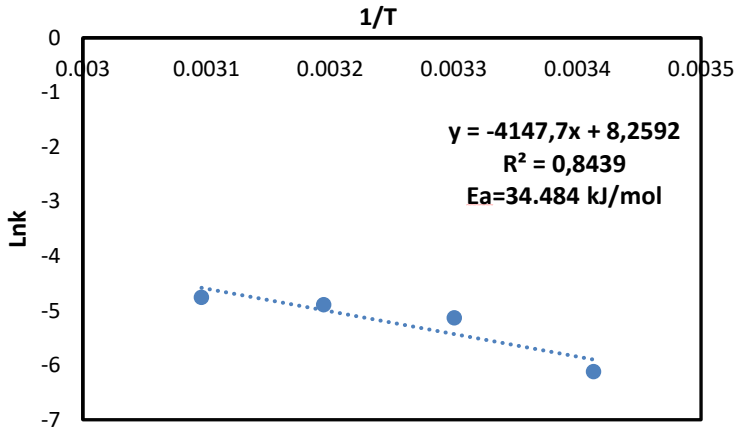


Figure 4. The graph of activation energy of KBH_4 hydrolysis reaction

4. Conclusion

In this study, a novel cerium oxide-supported copper complex catalyst (Cu-comp@CeO_2) was synthesized and successfully employed for the first time in hydrogen generation from KBH_4 hydrolysis. The catalyst demonstrated high catalytic activity upon optimization of reaction parameters. The calculated activation energy of 34.484 kJ/mol and at 20 °C and 50 °C Hydrogen production rates are 78426 and 274320 mL H_2/g_{cat}.min which provides the high efficiency of the catalyst. The high hydrogen generation rates achieved and the use of low-cost components indicate that Cu-comp@CeO_2 is a promising and cost-effective candidate for portable hydrogen energy systems.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

References

[1] Kilinc, D. (2018). Effect of Al_2O_3-supported Cu-Schiff base complex as a catalyst for hydrogen generation in $NaBH_4$ hydrolysis. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 40, 873-88.

[2] Balat, M. (2008). Hydrogen energy and its technologies. Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy, 3, 570-585.

[3] Amendola, S. C., Sharp-Goldman, S. L., Janjua, M. S., Kelly, M. T., Petillo, P. J.,Binder, M. (2000). A safe, portable, liquid fuel for the military. J Power Sources, 85, 186-189.

[4] Dai, H. B., Ma, L. P., Li, Z. P. (2010). Hydrolysis of potassium borohydride for hydrogen generation. Int J Hydrogen Energy, 35, 7949-7954.

[5] Minkina V.G., Shabunya S.I., Kalinin V.I., Martynenko V.V., Smirnova A.L. (2008). Long-term stability of sodium borohydrides for hydrogen generation. Int J Hydrogen Energy, 33:5629-35.

[6] Demirci, U.B., Miele, P. (2009). $NaBH_4$ hydrolysis for hydrogen generation: a review. Energy & Fuels, 23(11), 5291-5298.

[7] Kilinc, D, Sahin O. (2021). Ruthenium-Imine catalyzed KBH_4 hydrolysis as an efficient hydrogen production system. Int J Hydrogen Energy, 46, 20984-94.

[8] Trovarelli, A. (1996). Catalytic properties of ceria and CeO2-containing materials. Catalysis Reviews, 38(4), 439-520.

[9] Kılınç, D, Sahin O. (2019). Metal-Schiff Base complex catalyst in KBH_4 hydrolysis reaction for hydrogen production. Int J Hydrogen Energy, 44,18848-57.

[10] Xu, D., Wang, X., Li, Z. (2010). Highly efficient Ru-Co bimetallic catalyst for hydrogen generation from NaBH4 hydrolysis. J. Power Sources, 195(15), 4887-4892.

[11] Liang, J., Li, Z. (2009). Ni nanoparticles supported on Al_2O_3 for hydrogen generation from $NaBH_4$ hydrolysis. International Journal of Hydrogen Energy, 34(15), 6275-6280.

[12] Rathod, S. Gajjar, D., Joshi, K.K., Pataniya, P., Sumesh, C.K., Kapatel, S. (2025). Catalytic hydrogen production via $NaBH_4$ hydrolysis: Role of WO_3 nanopellet. Renew. Energy, 248, 123156.

[13] Lei, L., Zhang, L., Wang, W., Zhou, D., Fan, W., Zou, R., Zhang, X., Zhang, Z., Zhang, Y. (2024). A stable flow hydrogen production of sodium borohydride hydrolysis using millimeter-scale Ru/Al_2O_3 spheres as catalyst. J Alloys and Compounds, 986, 174121.

[14] Kilinc, D., Omer, Sahin. (2021). Highly active and stable CeO_2 supported nickel complex catalyst in hydrogen generation. Int J Hydrogen Energy. 46, 499-507.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

SPORTS INJURIES RELATED TO TRAINING AND SPORT TYPES IN FEMALE ATHLETES

Assistant Professor Muhammed YILDIZ
Artvin Çoruh University, Şavşat Vocational School, Artvin, Türkiye
fzt.myildiz@artvin.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6639-970X

ABSTRACT

Sports injuries in female athletes result from the interaction between training types and physiological, anatomical, hormonal, and neurological systems. Endurance-based high-volume training programs, when combined with low energy availability, reduce bone mineral density and increase the occurrence of bone fractures caused by repetitive stress. Long-term training with excessive load leads to hormonal suppression, especially a reduction in estrogen levels, which weakens the biomechanical resilience of connective tissues. Neuromuscular training regulates periarticular muscle activation around the knee, reducing ligament stress and significantly decreasing the incidence of anterior cruciate ligament injuries. Injury profiles vary significantly across different sports such as football, basketball, volleyball, athletics, gymnastics, and swimming. Football is characterized by anterior cruciate ligament tears, basketball by ankle sprains, volleyball by patellar tendon disorders, athletics by stress fractures, gymnastics by spinal overload, and swimming by shoulder girdle pathologies. Sport-specific movement patterns, intensity of physical contact, and biomechanical demands interact with the unique physiological and neuromotor characteristics of female athletes, producing distinct injury risks. Incompatibility between training methods and sport-specific requirements leads to disrupted neuromuscular control, impaired energy balance, and compromised connective tissue integrity, thereby increasing injury incidence. Preventing injuries in female athletes requires training structures designed in consideration of nervous system regulation, hormonal status, metabolic equilibrium, and the physiological responses of the musculoskeletal system.

Anahtar Kelimeler: Female Athlete, Sports İnjuries, Training

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

INTRODUCTION

Although female athletes have demonstrated improvements in physical performance parameters, their injury risk profiles are shaped by sex-specific biological and structural factors [1, 2]. Parameters such as pelvic width, femur-tibia alignment, hormonal sensitivity of connective tissues, and muscle strength ratios constitute the primary structural features distinguishing female injury patterns from those of males [3, 4]. Injuries frequently reported in women, such as anterior cruciate ligament tears, patellofemoral pain syndrome, and stress fractures, are directly related to the type of training applied and the physiological demands embedded in such programs [5, 6]. Neuromuscular control deficits around the knee joint, weakness in thigh muscle groups, and increased valgus loading elevate mechanical stress on the anterior cruciate ligament, thereby increasing the risk of rupture [7, 8]. Moreover, increased estrogen levels during the follicular phase of the menstrual cycle enhance ligamentous laxity and reduce connective tissue resilience [4, 9]. In long-duration endurance training, bone mineral density is compromised, and when combined with inadequate energy intake, heightened osteoclastic activity accumulates microdamage in cortical bones [10, 11]. These microtraumas manifest clinically as stress fractures, particularly in the lower extremity bones [6, 12]. When the balance between sport-specific movement patterns and training forms is disrupted in female athletes, reductions in neuromuscular coordination, insufficient postural control, and the emergence of compensatory movements elevate injury risk [13–17]. In high-contact sports such as football, basketball, and volleyball, injuries primarily affect the knee and ankle, while in asymmetrical-loading sports such as gymnastics and athletics, spinal, shoulder, and stress-related bone injuries are more prevalent [13, 14, 18]. In aquatic sports such as swimming, rotator cuff pathologies develop due to repetitive overhead shoulder movements. These findings indicate that injury mechanisms in female athletes cannot be reduced to mechanical factors alone and must be evaluated in conjunction with hormonal, neurological, and metabolic systems [18–20].

INJURIES AND RISKS IN FEMALE ATHLETES

Female athletes are more susceptible to certain types of injuries due to biomechanical structure, hormonal fluctuations, neuromuscular control capacity, and specific structural characteristics of the musculoskeletal system [1, 2, 21]. Anterior cruciate ligament (ACL) tears are two to eight times more frequent in female athletes compared to males. This increased rate is explained by a greater knee valgus angle due to pelvic width, weakness in hip abductor muscles, and imbalanced strength distribution among thigh muscle groups [3–5, 9]. Neuromuscular control deficits around the knee increase valgus stress during landing and cutting maneuvers, elevating tensile forces on ligaments [6, 18]. The hormonal sensitivity of connective tissues is another key factor increasing injury risk. Variations in estrogen levels throughout the menstrual cycle increase tissue elasticity and lead to pronounced ligament laxity during ovulation [7, 8, 18, 22]. This condition weakens joint stability and can result in microtears during high-impact training. A low hamstring-to-quadriceps strength ratio increases rotational instability in the knee, thereby intensifying ACL stress, and this ratio is generally lower in female athletes than in males [9–11]. The increased valgus angle in the femur-tibia alignment causes asymmetry in load transfer, thereby intensifying mechanobiological stress on ligaments [11]. Overuse injuries such as patellofemoral pain syndrome, stress fractures, and medial tibial stress syndrome are commonly

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

observed. These injuries are associated with high-volume training combined with insufficient energy availability and menstrual dysfunction and are evaluated under the clinical framework of RED-S (Relative Energy Deficiency in Sport) [12, 18, 21]. Decreased bone mineral density and impaired collagen synthesis result in the progression of microtraumatic stress into tissue damage [13, 14]. These structural changes predispose female athletes to higher rates of stress fractures in lower extremity bones [6, 22]. Psychosocial variables also constitute complementary factors affecting injury risk in female athletes. Body image, self-efficacy, performance pressure, and societal roles within the sports environment may indirectly influence movement control and cause technical deterioration [19, 23]. The emergence of injury types in female athletes cannot be attributed to a single physiological factor. Considering hormonal balance, neuromotor adaptation, biomechanical alignment, and training content together, it becomes evident that injuries have a multidimensional structure [11, 20, 24].

TRAINING TYPES AND FEMALE ATHLETES

The types of training applied in female athletes are among the primary factors determining the predisposition of the musculoskeletal system to injury. The volume, intensity, frequency, and content of training programs interact with biomechanical loading patterns and neuromotor responses, directing tissue stress accordingly [21, 25, 26]. Endurance, strength, agility, and neuromuscular-oriented training target different physiological systems, and the responses of these systems vary depending on the biomechanical properties of connective tissue, hormonal profiles, and energy balance [6, 24]. High-volume endurance training leads to stress reactions and stress fractures in bone tissue via repetitive microtraumatic loads. The frequently observed state of energy deficiency in female athletes exacerbates this effect by decreasing bone mineral density. Female athletes training more than eight hours weekly have approximately twice the risk of stress fractures compared to those training less than four hours per week [14]. Low energy availability reduces estrogen levels, adversely affecting bone formation and aligning with the clinical framework of RED-S [12, 15, 21]. Reduced estrogen suppresses osteoblast activity, increases bone resorption, and weakens bone durability [11, 13]. This structural weakening in bone tissue triggers stress fractures, especially in the femur, tibia, and metatarsal bones [6, 14, 17]. When applied periodically in pre-season and in-season phases, it strengthens adaptive responses of the neuromotor system and distributes mechanical load on the musculoskeletal system more evenly. Reducing valgus moments, synchronizing core muscle activation, and regulating spinal reflex timing define the biomechanical effectiveness of these exercises [7, 18, 27]. As neuromotor control improves, rotational stress on the knee joint decreases, and neurophysiological adaptations become effective in preventing ligament injuries [4, 24, 25, 28]. Strength and agility-focused training involves dynamic loading with rapid directional changes and eccentric contractions. During these exercises, suboptimal technique and insufficient muscle excitability cause load imbalance around the knee structures. Particularly in female athletes, when the strength ratio between hamstring and quadriceps muscles is low, excessive anterior translation and valgus moments occur in the knee joint during eccentric loading [8, 9] These biomechanical disturbances increase shear and rotational stress on the ACL, raising the risk of tears [6, 10]. In evaluating the relationship between training types and injury risk, neuromuscular interaction, hormonal regulation, energy availability, and mechanical properties of connective tissue must be considered together. The response of the

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

musculoskeletal system is determined not only by the external load but also by the distribution of this load within tissues and the neurobiological control mechanisms. The injury patterns observed in female athletes are largely the result of physiological processes that can be defined at an interdisciplinary level [15, 18, 24].

SPORT-SPECIFIC INJURIES IN FEMALE ATHLETES

The technical structures, loading dynamics, and physical demands of sports disciplines play a decisive role in the distribution of injury types among female athletes. The movement patterns specific to team and individual sports determine the direction and magnitude of mechanical stress on tissues, affecting the development of specific injury types [29, 30]. Female athletes' neuromuscular control capacity, hormonal responses, and biomechanical characteristics shape injury profiles across different sports [6, 21, 29, 30]. Soccer is a contact-intensive sport frequently played by female athletes, where lower extremity injuries, particularly anterior cruciate ligament (ACL) tears, are prevalent. The incidence of ACL tears in female soccer players is two to eight times higher than in males, attributed to increased knee valgus angles, insufficient hamstring-quadriceps strength balance, and inadequate neuromotor activation [3, 6, 27]. Uncontrolled ground reaction forces during directional changes and landing increase tensile and rotational stress on the knee joint [28]. Basketball involves frequent jumping, sudden stops, and changes in direction. Female basketball players commonly experience knee and ankle injuries. During landing, increased valgus moments on the knee pose a mechanical threat to ACL integrity [6, 28, 29]. Delayed hamstring activation and quadriceps dominance compromise knee stability [5]. Volleyball includes repetitive jumping and landing motions, leading to conditions such as patellar tendinopathy and ankle instability. In female volleyball players, inadequate eccentric control of quadriceps and hamstrings increases loading on the patellar tendon, triggering inflammation and structural degradation [31]. These changes in tendon structure, including collagen breakdown and vascular alterations, are linked to patellar tendinopathy [32]. In athletics, repetitive high-intensity loading often leads to stress fractures in the lower extremities. In female athletes, these fractures frequently occur in the femur, tibia, and metatarsals. Factors such as low energy availability, menstrual dysfunction, and estrogen deficiency are central to the development of these injuries [12, 14, 15, 26]. Gymnastics requires high degrees of flexion, extension, and rotation, subjecting the spine and shoulder structures to substantial stress. Female gymnasts often experience lower back pain, spondylolysis, and shoulder instability. Repetitive extension movements particularly stress the posterior vertebral structures, increasing the risk of microtraumatic fractures [33]. In the shoulder, recurrent microtraumas in the rotator cuff muscles lead to glenohumeral instability [34]. Swimming involves repetitive upper extremity movements in water, contributing to overuse injuries in the shoulder muscles and tendons. Common clinical conditions in female swimmers include supraspinatus tendinopathy, scapulothoracic dysfunction, and subacromial impingement syndrome [35]. Continuous resistance against water leads to fatigue in the muscle-tendon structures, microtears, increased subacromial pressure, and eventual structural alterations in the tendon tissue. When sport-specific loading patterns in female athletes are analyzed alongside hormonal levels, connective tissue biomechanics, neuromuscular coordination, and energy balance, the mechanisms behind injury development can be assessed comprehensively. The

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

neuromuscular and biomechanical impacts of discipline-specific demands define the injury risk profiles and necessitate sport-specific, biologically-informed training design [6, 10, 24].

CONCLUSION

Injury risk in female athletes is shaped by the physiological and neurological impacts of training modalities as well as the specific demands of each sport discipline. High-volume endurance training, when combined with low energy availability, predisposes bone tissue to density loss and the development of stress fractures. This physiological state progresses through hormonal imbalance and reduced biomechanical resilience of connective tissues. Neuromuscular-based training programs enhance muscle activation synchronization, strengthen knee joint stability, and effectively reduce the incidence of anterior cruciate ligament injuries. Sport-specific loading patterns and movement demands, when combined with the physiological characteristics of female athletes, result in distinct injury profiles affecting different tissues and joints. The musculoskeletal stress experienced should be evaluated holistically, not only in terms of mechanical strain but also through neural control, hormonal rhythm, and energy balance. Reducing injury risk and maintaining athlete health require interdisciplinary, comprehensive training strategies aligned with neurobiological adaptation mechanisms. Injury prevention in female athletes is critical not only for sustained athletic performance but also for the long-term preservation of biological integrity.

REFERENCES

1. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, et al (2005) Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. Am J Sports Med 33:492–501. https://doi.org/10.1177/0363546504269591
2. Myer GD, Brent JL, Ford KR, Hewett TE (2011) Real-time assessment and neuromuscular training feedback techniques to prevent ACL injury in female athletes. Strength Cond J 33:21. https://doi.org/10.1519/SSC.0B013E318213AFA8
3. Zazulak BT, Hewett TE, Reeves NP, et al (2007) The effects of core proprioception on knee injury: a prospective biomechanical-epidemiological study. Am J Sports Med 35:368–373. https://doi.org/10.1177/0363546506297909
4. Wojtys EM, Huston LJ, Boynton MD, et al (2002) The effect of the menstrual cycle on anterior cruciate ligament injuries in women as determined by hormone levels. Am J Sports Med 30:182–188. https://doi.org/10.1177/03635465020300020601
5. Griffin LY, Albohm MJ, Arendt EA, et al (2006) Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: a review of the Hunt Valley II meeting, January 2005. Am J Sports Med 34:1512–1532. https://doi.org/10.1177/0363546506286866
6. Tenforde AS, Sayres LC, McCurdy ML, et al (2013) Identifying sex-specific risk factors for stress fractures in adolescent runners. Med Sci Sports Exerc 45:1843–1851. https://doi.org/10.1249/MSS.0B013E3182963D75
7. Ford KR, Myer GD, Hewett TE (2003) Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. Med Sci Sports Exerc 35:1745–1750. https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000089346.85744.D9
8. Hewett TE, Myer GD, Ford KR (2006) Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 1, mechanisms and risk factors. Am J Sports Med 34:299–311. https://doi.org/10.1177/0363546505284183
9. Chaudhari AM, Andriacchi TP (2006) The mechanical consequences of dynamic frontal plane limb alignment for non-contact ACL injury. J Biomech 39:330–338. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2004.11.013
10. De Ste Croix MBA, Priestley AM, Lloyd RS, Oliver JL (2015) ACL injury risk in elite female youth soccer: Changes in neuromuscular control of the knee following soccer-specific fatigue. Scand J Med Sci Sports 25:e531–e538. https://doi.org/10.1111/SMS.12355
11. Slauterbeck JR, Fuzie SF, Smith MP, et al (2002) The Menstrual Cycle, Sex Hormones, and Anterior Cruciate Ligament Injury. J Athl Train 37:275
12. Mountjoy M, Sundgot-Borgen J, Burke L, et al (2014) The IOC consensus statement: beyond the Female Athlete Triad--Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). Br J Sports Med 48:491–497. https://doi.org/10.1136/BJSPORTS-2014-093502
13. De Souza MJ, Nattiv A, Joy E, et al (2014) 2014 Female Athlete Triad Coalition Consensus Statement on Treatment and Return to Play of the Female Athlete Triad: 1st International Conference held in San Francisco, California, May 2012 and 2nd International Conference held in Indianapolis, Indiana, …. Br J Sports Med 48:289. https://doi.org/10.1136/BJSPORTS-2013-093218
14. Chen YT, Tenforde AS, Fredericson M (2013) Update on stress fractures in female athletes: epidemiology, treatment, and prevention. Curr Rev Musculoskelet Med 6:173. https://doi.org/10.1007/S12178-013-9167-X
15. Nattiv A, Loucks AB, Manore MM, et al (2007) American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad. Med Sci Sports Exerc 39:1867–1882. https://doi.org/10.1249/MSS.0B013E318149F111
16. Brown KA, Dewoolkar A V., Baker N, Dodich C (2017) The female athlete triad: special considerations for adolescent female athletes. Transl Pediatr 6:144. https://doi.org/10.21037/TP.2017.04.04
17. Maya J, Misra M (2022) The Female Athlete Triad: Review of Current Literature. Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes 29:44. https://doi.org/10.1097/MED.0000000000000690
18. Gu J, Zhang R, Zhang Y, Shaharudin S (2025) Neuromuscular training for preventing knee injuries in female team athletes: a meta-analysis. Ann Med 57:2581891.

https://doi.org/10.1080/07853890.2025.2581891
19. Padua DA, DiStefano LJ, Beutler AI, et al (2015) The Landing Error Scoring System as a Screening Tool for an Anterior Cruciate Ligament Injury-Prevention Program in Elite-Youth Soccer Athletes. J Athl Train 50:589–595. https://doi.org/10.4085/1062-6050-50.1.10
20. Myer GD, Ford KR, Barber Foss KD, et al (2009) The relationship of hamstrings and quadriceps strength to anterior cruciate ligament injury in female athletes. Clin J Sport Med 19:3–8. https://doi.org/10.1097/JSM.0B013E318190BDDB
21. Mountjoy M, Sundgot-Borgen JK, Burke LM, et al (2018) IOC consensus statement on relative energy deficiency in sport (RED-S): 2018 update. Br J Sports Med 52:687–697. https://doi.org/10.1136/BJSPORTS-2018-099193
22. Brukner P, Bennell K (1997) Stress fractures in female athletes. Diagnosis, management and rehabilitation. Sports Med 24:13–22. https://doi.org/10.2165/00007256-199724060-00006
23. Di Stasi S, Myer GD, Hewett TE (2013) Neuromuscular Training to Target Deficits Associated With Second Anterior Cruciate Ligament Injury. J Orthop Sports Phys Ther 43:777. https://doi.org/10.2519/JOSPT.2013.4693
24. Sugimoto D, Myer GD, Barber Foss KD, Hewett TE (2014) Dosage effects of neuromuscular training intervention to reduce anterior cruciate ligament injuries in female athletes: meta- and sub-group analyses. Sports Med 44:551–562. https://doi.org/10.1007/S40279-013-0135-9
25. Myer GD, Sugimoto D, Thomas S, Hewett TE (2013) The influence of age on the effectiveness of neuromuscular training to reduce anterior cruciate ligament injury in female athletes: a meta-analysis. Am J Sports Med 41:203–215. https://doi.org/10.1177/0363546512460637
26. Nazem TG, Ackerman KE (2012) The Female Athlete Triad. Sports Health 4:302. https://doi.org/10.1177/1941738112439685
27. Sugimoto D, Myer GD, Bush HM, et al (2012) Compliance with neuromuscular training and anterior cruciate ligament injury risk reduction in female athletes: a meta-analysis. J Athl Train 47:714–723. https://doi.org/10.4085/1062-6050-47.6.10
28. Krosshaug T, Nakamae A, Boden BP, et al (2007) Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball: video analysis of 39 cases. Am J Sports Med 35:359–367. https://doi.org/10.1177/0363546506293899
29. Bahr R, Krosshaug T (2005) Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport. Br J Sports Med 39:324–329. https://doi.org/10.1136/BJSM.2005.018341
30. Emery CA, Meeuwisse WH (2006) Risk factors for injury in indoor compared with outdoor adolescent soccer. Am J Sports Med 34:1636–1642. https://doi.org/10.1177/0363546506288018
31. Lian ØB, Engebretsen L, Bahr R (2005) Prevalence of jumper's knee among elite athletes from different sports: a cross-sectional study. Am J Sports Med 33:561–567. https://doi.org/10.1177/0363546504270454
32. Malliaras P, Cook J, Purdam C, Rio E (2015) Patellar Tendinopathy: Clinical Diagnosis, Load Management, and Advice for Challenging Case Presentations. J Orthop Sports Phys Ther 45:887–898. https://doi.org/10.2519/JOSPT.2015.5987
33. Caine D, Nassar L (2005) Gymnastics injuries. Med Sport Sci 48:18–58. https://doi.org/10.1159/000084282
34. Kujala UM, Taimela S, Erkintalo M, et al (1996) Low-back pain in adolescent athletes. Med Sci Sports Exerc 28:165–170. https://doi.org/10.1097/00005768-199602000-00002
35. Pink MM, Tibone JE (2000) The painful shoulder in the swimming athlete. Orthop Clin North Am 31:247–261. https://doi.org/10.1016/S0030-5898(05)70145-0

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

FUNCTIONAL EFFECTS OF PHYSICAL ACTIVITY IN INDIVIDUALS WITH EPILEPSY

Assistant Professor Muhammed YILDIZ
Artvin Çoruh University, Şavşat Vocational School, Artvin, Türkiye
fzt.myildiz@artvin.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6639-970X

ABSTRACT

Epilepsy is a complex neurological disorder characterized by seizures and widespread neurophysiological dysfunction within the central nervous system. This condition is not limited to impaired neuronal activity alone; it also causes systemic dysfunctions that affect motor, sensory, cognitive, and psychosocial functioning in a multidimensional manner. Motor coordination impairments, balance problems, decreased muscle strength, reduced cardiorespiratory capacity, and limitations in functional independence observed in individuals with epilepsy are key factors that directly diminish quality of life. Functional capacity is defined as the ability to perform daily life tasks and represents a multi-system organization that requires physical, neuropsychological, and social integrity. Accordingly, scientific data support that physical activity can exert regulatory effects on functional capacity in individuals with epilepsy. Aerobic exercises, resistance training, and flexibility and balance exercises enhance cerebral blood flow, elevate neurotrophic factor levels to support synaptic plasticity, and strengthen cortical inhibition, thereby stabilizing epileptic discharges. Additionally, these activities provide positive effects on muscle strength, coordination, postural control, and motor response mechanisms, enabling more effective participation in daily living. Psychosocially, physical activity reduces levels of depression and anxiety, enhances social interaction, and strengthens the perception of self-efficacy. The implementation of structured and safe exercise programs aimed at improving functional capacity and enhancing quality of life in individuals with epilepsy holds critical importance for ensuring sustainable neurological and physiological benefits.

Keywords: Exercise, Epilepsy, Physical Activity, Functional Capacity

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

INTRODUCTİON

Epilepsy is a neurological disorder characterized by sudden, recurrent, and uncontrolled electrical discharges occurring in specific regions of the cerebral cortex, resulting in seizures. Abnormal electrical activity in the cerebral cortex causes disruptions in both neuronal inhibition and excitation mechanisms, leading to widespread functional impairments in sensorimotor, cognitive, and autonomic systems (1,2). These impairments not only result in seizure activity but also in long-term neurocognitive and motor dysfunctions by affecting neural network organization, synaptic plasticity, inter-neuronal communication, and cortical integration processes (3,4). Epileptic activity that spreads particularly to the temporal lobe, frontal cortex, limbic system, and thalamic structures causes significant deterioration in movement planning, balance control, motor response generation, and responses to environmental stimuli (5,6). Additionally, epilepsy is not only a disorder directly affecting neural circuits but also a clinical condition that generates secondary effects on systemic physiological processes. The frequency and severity of seizures can lead to persistent negative outcomes in musculoskeletal performance, cardiorespiratory capacity, and postural control. Thus, epilepsy constitutes a multidimensional health problem that directly affects not only neurological health but also motor functionality, independent mobility in daily life, and overall functional capacity (7,8). Functional capacity refers to an individual's ability to perform daily life tasks and activities in physical, cognitive, and social domains. Within the framework of the International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) by the World Health Organization, this capacity is described under the domains of "activity" and "participation," incorporating body structures, functions, environmental factors, and personal characteristics in a holistic framework (9). Functional capacity is determined by the integrated performance of distinct but interacting systems such as muscle strength, balance, flexibility, cardiorespiratory endurance, motor coordination, and neuropsychological status (10,11). In individuals with epilepsy, impairments in these components are associated not only with the neuronal disorganization caused by seizures but also with secondary factors such as the metabolic and neurochemical effects of antiepileptic drugs, prolonged inactivity, social isolation, and psychological stress (12,13). Decreased strength and endurance in the musculoskeletal system, instability in balance mechanisms, disrupted proprioceptive feedback, and dysfunction in the vestibular system collectively weaken overall motor performance, thereby reducing the individual's functional independence (14,15). Moreover, comorbid psychiatric disorders accompanying epilepsy especially depression, anxiety, and cognitive dysfunction impose a neurocognitive burden on functional capacity, leading to impairments in essential life domains such as self-care, mobility, and social interaction (16,17). To prevent and reorganize these systemic impairments, physical activity has been shown to offer regulatory effects at neurobiological, neurophysiological, and psychosocial levels. Regularly implemented low-to-moderate intensity exercises enhance cerebral blood flow, elevate levels of brain-derived neurotrophic factor (BDNF), promote synaptic plasticity, and increase cortical inhibition, thereby contributing to the stabilization of epileptic foci (18–20). These neurobiological effects, along with improvements in physical capacity, support functional mobility, strengthen environmental interactions, and facilitate social integration (21,22). Furthermore, the physiological effects of physical activity on the cardiovascular system such as increased oxygenation, metabolic balance, insulin sensitivity,

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

regulation of inflammation, and activation of antioxidant defense mechanisms also contribute to reducing systemic health problems associated with epilepsy (14,15). Considering these holistic interactions, it becomes necessary to evaluate physical activity interventions in individuals with epilepsy through systematic and individualized approaches to improve functional capacity.

Functional Capacity and Physical Activity in Epilepsy

Functional capacity refers to an individual's ability to independently perform tasks and activities in their physical environment. This capacity is sustained through the integrated functioning of multiple systems, including muscle strength, cardiorespiratory endurance, flexibility, balance, motor coordination, neurocognitive functions, and sensorimotor integrity (10,9). The concept encompasses the functional integrity of the human body through the synergistic interaction of neuromuscular, cardiorespiratory, vestibular, and proprioceptive systems. Numerous neurophysiological and anatomical mechanisms affecting functional capacity in individuals with epilepsy have been identified. Neural desynchronization that occurs during seizures or interictal periods particularly impairs inhibitory control in the corticospinal tracts and motor cortex, leading to deterioration in voluntary motor outputs (2,3). Additionally, epileptic activity disrupts thalamocortical circuits, resulting in sensory-motor disintegration that affects functions such as balance, orientation, spatial awareness, and postural stability (5,6). The long-term use of antiepileptic drugs also significantly impacts the neuromuscular system. Commonly used antiepileptics such as phenytoin, carbamazepine, and valproate have been reported to negatively affect muscle strength, bone mineral density, and balance. These medications disrupt vitamin D metabolism and calcium homeostasis, thereby reducing musculoskeletal performance and inducing secondary effects such as decreased muscle tone and lowered fatigue thresholds (12,11). Collectively, these factors seriously impair key components of functional capacity, including muscular strength and endurance. Furthermore, impaired postural control mechanisms in individuals with epilepsy are linked to weakened integration between the vestibular system, cerebellum, and proprioceptive inputs. Epileptic forms involving the temporal lobe and cerebellar structures are especially associated with balance loss, involuntary contractions, and increased fall risk (6,5). Cardiorespiratory capacity in individuals with epilepsy is significantly lower than that of healthy individuals. This reduction is attributed to seizure-related fears, sedentary lifestyles, social restrictions regarding physical activity, and widespread misconceptions about exercise as a seizure trigger (24,6). Decreased VO_2max values are linked to reduced tolerance to physical exertion, increased fatigue, impaired respiratory control, and a decline in overall endurance. Consequently, individuals may struggle to perform even basic daily tasks and experience limitations in social participation and mobility. These individuals often demonstrate reduced performance in walking tests, increased compensatory strategies in balance assessments, and early fatigue in muscular endurance tests (23,25). These findings reflect not only the direct impact of epilepsy on motor performance but also the secondary effects of physical inactivity. Physical activity modulates numerous physiological and neurological mechanisms that directly influence functional capacity in individuals with epilepsy. Aerobic exercise increases cerebral blood flow and oxygen delivery capacity while enhancing the plasticity of hippocampal neurons, thereby improving cognitive performance (19,17). In addition, elevated levels of BDNF and IGF-1 during physical activity

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

contribute to neural integrity in epileptogenic brain regions and exert protective effects against neuronal damage (18,22). Exercise has been shown to reduce neural excitability and enhance inhibitory synaptic activity, which may suppress the occurrence of epileptic discharges. This neurobiological regulation also improves the quality and timing of signals to motor control systems, thus supporting coordination, balance, and adaptation to environmental stimuli (23). The benefits of physical activity on muscular strength and endurance increase motor unit recruitment capacity and enhance the metabolic efficiency of muscle cells through mitochondrial biogenesis and oxidative capacity (14,13). Resistance training improves motor unit synchronization, enhancing the quality of muscle contractions, especially in the lower extremities, leading to better stability, walking patterns, and reduced fall risk. Flexibility and balance exercises regulate the viscoelastic properties of muscle-tendon complexes and increase the speed of reflexive motor responses, supporting reactive balance control. These mechanisms collectively expand the individual's range of functional movement and facilitate more controlled and adaptive responses to environmental variables (9,10). To sustain functional capacity, physical activity must interact not only with physiological systems but also with psychosocial dimensions. Individuals with epilepsy often experience high levels of depression, anxiety, and social isolation, all of which hinder their ability to remain active in daily life (7,15). Physical activity induces positive changes in neurotransmitter levels, including serotonin, dopamine, and endorphins, supporting emotional regulation and increasing activation in motivational centers, thereby facilitating participation (16). Additionally, group-based exercise interventions promote social interaction, foster a sense of belonging, and provide psychological support, collectively enhancing quality of life. These psychosocial gains directly influence one of the core components of functional capacity social participation enabling individuals to more effectively assume roles within society (21,20).

Physical Activity Interventions in Epilepsy

Programs designed to enhance individual physical performance in people with epilepsy are typically based on structured exercise interventions. These include controlled applications of low-to-moderate intensity aerobic exercise, resistance training, flexibility, and balance exercises. Through the neuroplastic potential of the cerebral cortex, such interventions exert regulatory neurophysiological effects on motor control, postural stability, muscular strength, and functional capacity (18,17,19). Increased brain-derived neurotrophic factor (BDNF) levels in the hippocampus, frontal cortex, and motor regions enhance synaptic activity, allowing for the reorganization of learned motor patterns (22,26). This supports the strengthening of inhibitory circuits in regions affected by epileptic activity. Cardiorespiratory-focused programs significantly improve parameters such as VO_2max, walking endurance, and exercise tolerance. These improvements are associated with strengthened respiratory muscles during the interictal period, increased oxygenation, and enhanced capillary density in muscle tissue (24,25,13). Elevated mitochondrial enzyme activity during exercise supports the metabolic efficiency of muscle cells, reducing early fatigue risk (14). These physiological gains improve mobility capacity in daily life and contribute to independent movement ability. In individuals at risk of falling, functional balance training has been shown to enhance reactive balance responses and improve compensatory reflex capacity of the musculoskeletal system (9,5). Most programs conducted over 6 to 24 weeks report significant improvements in quality of life parameters.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Notable developments have been observed in areas such as personal care, household mobility, community-based interactions, and psychological well-being (16,15). This is explained neurobiologically by the regulatory effects of physical activity on the limbic system and prefrontal cortex. Increased dopamine and serotonin levels during exercise support emotional regulation and activate motivational pathways (19,22). Consequently, psychomotor engagement increases even outside of exercise sessions, enhancing integration into daily activities. Some studies have reported that yoga and breathing-control-based programs positively impact not only balance and flexibility but also autonomic nervous system regulation (27,22). Increased parasympathetic tone has been associated with improved heart rate and respiratory patterns. These effects contribute to reducing stress and emotional excitability, which influence seizure thresholds. Similarly, group-based activities enhance social support, foster a sense of belonging, and reduce loneliness scores. These social outcomes strengthen adherence to physical activity programs and support the sustainability of functional capacity (7,21). Although most programs do not report a direct reduction in seizure frequency, it has been consistently shown that exercise does not increase seizures and can be safely implemented (20,18). Physiological responses during exercise do not compromise neurological stability, do not increase the risk of cortical hyperactivation, and maintain epileptic discharges below threshold levels. Therefore, individualized exercise prescriptions that account for epilepsy-specific risk factors and are supervised by professionals ensure adequate safety. In particular, resistance training is considered safe as long as high-intensity or isometric loading is avoided. Environmental adjustments such as monitoring hydration, limiting exposure to heat and excessive stimuli help ensure exercise safety in individuals with a history of seizures (6,20). Functional assessments often include short physical performance tests, six-minute walk tests, and evaluations of strength and balance, yielding concrete outcomes. Aerobic capacity assessments reveal increases in heart rate, VO_2max, and ventilation values, along with greater sustainability in muscle endurance tests (24,25). In balance assessments, reductions in sway angles, increases in straight-line walking distances, and decreases in fall-risk scores have been noted. These improvements allow individuals with epilepsy to take a more active role in environmental interactions, increase participation in social life, and enhance independent living skills.

CONCLUSİON

Neurological, physical, and psychosocial factors that limit functional capacity in individuals with epilepsy can be regulated through controlled physical activity interventions. Improvements in components such as muscle strength, balance, flexibility, and endurance enhance independence levels and facilitate participation in daily life activities. The positive effects of exercise on cognitive and emotional processes contribute to maintaining functional integrity. Safe and structured programs emerge as an effective approach that supports both the physical and psychological well-being of individuals with epilepsy.

REFERENCES

1. Fisher, R. S., Acevedo, C., Arzimanoglou, A., Bogacz, A., Cross, J. H., Elger, C. E., ... & Wiebe, S. (2014). ILAE official report: a practical clinical definition of epilepsy. *Epilepsia*, *55*(4), 475-482.
2. Engel, J. (2001). A proposed diagnostic scheme for people with epileptic seizures and with epilepsy: report of the ILAE Task Force on Classification and Terminology. *Epilepsia (Series 4)*, *42*(6).
3. McIntyre, D. C., & Gilby, K. L. (2008). Mapping seizure pathways in the temporal lobe. Epilepsia, 49, 23-30.
4. Duncan, J. S., Sander, J. W., Sisodiya, S. M., & Walker, M. C. (2006). Adult epilepsy. The Lancet, 367(9516), 1087-1100.
5. Qin, L., Jiang, W., Zheng, J., Zhou, X., Zhang, Z., & Liu, J. (2020). Alterations functional connectivity in temporal lobe epilepsy and their relationships with cognitive function: a longitudinal resting-state fMRI study. *Frontiers in Neurology*, *11*, 625.
6. Tang, V., Michaelis, R., & Kwan, P. (2014). Psychobehavioral therapy for epilepsy. Epilepsy & Behavior, 32, 147-155.
7. Vancampfort, D., Vansteelandt, K., Scheewe, T., Probst, M., Knapen, J., De Herdt, A., & De Hert, M. (2012). Yoga in schizophrenia: a systematic review of randomised controlled trials. Acta Psychiatrica Scandinavica, 126(1), 12-20.
8. Jacoby, A., Snape, D., & Baker, G. A. (2009). Determinants of quality of life in people with epilepsy. Neurologic clinics, 27(4), 843-863.
9. Guralnik, J. M., Ferrucci, L., Simonsick, E. M., Salive, M. E., & Wallace, R. B. (1995). Lower-extremity function in persons over the age of 70 years as a predictor of subsequent disability. New England Journal of Medicine, 332(9), 556-562.
10. Rimmer, J. H., Wang, E., & Smith, D. (2008). Barriers associated with exercise and community access for individuals with stroke. Journal of rehabilitation research and development, 45(2), 315.
11. Mintzer, S., & Mattson, R. T. (2009). Should enzyme-inducing antiepileptic drugs be considered first-line agents?. Epilepsia, 50, 42-50.
12. Bazelier, M. T., Van Staa, T. P., Uitdehaag, B. M., Cooper, C., Leufkens, H. G., Vestergaard, P., ... & De Vries, F. (2012). Risk of fractures in patients with multiple sclerosis: a population-based cohort study. Neurology, 78(24), 1967-1973.
13. Warburton, D. E., Nicol, C. W., & Bredin, S. S. (2006). Health benefits of physical activity: the evidence. Cmaj, 174(6), 801-809.
14. Booth, F. W., Roberts, C. K., & Laye, M. J. (2011). Lack of exercise is a major cause of chronic diseases. Comprehensive physiology, 2(2), 1143-1211.
15. Baker, G. A., Jacoby, A., Buck, D., Stalgis, C., & Monnet, D. (1997). Quality of life of people with epilepsy: a European study. Epilepsia, 38(3), 353-362.
16. McAuley, E., Elavsky, S., Jerome, G. J., Konopack, J. F., & Marquez, D. X. (2005). Physical activity-related well-being in older adults: social cognitive influences. Psychology and aging, 20(2), 295.
17. Cotman, C. W., & Berchtold, N. C. (2002). Exercise: a behavioral intervention to enhance brain health and plasticity. Trends in neurosciences, 25(6), 295-301.
18. Arida, R. M., Scorza, F. A., de Albuquerque, M., Cysneiros, R. M., de Oliveira, R. J., & Cavalheiro, E. A. (2003). Evaluation of physical exercise habits in Brazilian patients with epilepsy. Epilepsy & Behavior, 4(5), 507-510.
19. Pilc, J., & ZOLADZ, A. (2010). The effect of physical activity on the brain derived neurotrophic factor: from animal to human studies. Journal of physiology and pharmacology, 61(5), 533-41.
20. Kerezoudis, P., Singh, R., Parisi, V., Worrell, G. A., Miller, K. J., Marsh, W. R., & Van Gompel, J. J. (2021). Outcomes of epilepsy surgery in the older population: not too old, not too late. Journal of neurosurgery, 136(6), 1607-1616.
21. Berg, A. T., Berkovic, S. F., Brodie, M. J., Buchhalter, J., Cross, J. H., van Emde Boas, W., ... & Scheffer, I. E. (2010). Revised terminology and concepts for organization of seizures and epilepsies: report of the ILAE Commission on Classification and Terminology, 2005–2009.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

22. Mochcovitch, M. D., Deslandes, A. C., Freire, R. C., Garcia, R. F., & Nardi, A. E. (2016). The effects of regular physical activity on anxiety symptoms in healthy older adults: a systematic review. Revista Brasileira de Psiquiatria, 38(3), 255-261.
23. Arida, R. M., de Almeida, A. C. G., Cavalheiro, E. A., & Scorza, F. A. (2013). Experimental and clinical findings from physical exercise as complementary therapy for epilepsy. Epilepsy & behavior, 26(3), 273-278.
24. Johnson, E. C., Helen Cross, J., & Reilly, C. (2020). Physical activity in people with epilepsy: a systematic review. Epilepsia, 61(6), 1062-1081.
25. Alexander, H. B., & Allendorfer, J. B. (2023). The relationship between physical activity and cognitive function in people with epilepsy: A systematic review. Epilepsy & Behavior, 142, 109170.
26. Kramer, A. F., & Erickson, K. I. (2007). Capitalizing on cortical plasticity: influence of physical activity on cognition and brain function. Trends in cognitive sciences, 11(8), 342-348.
27. Dastidar, D. G., Bhattacharjee, P., Das, P., Jana, B., & Bhunia, A. (2025). Yoga and Meditation in the Treatment of Neurological and Psychiatric Disorders. Current Traditional Medicine, 11(3), E101023221983.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Engelli Öğrenciler İçin Beden Eğitimi Ders Uygulamaları: Öğretmen Rolü ve Stratejileri

Doktora Öğrencisi, Esra KURT

Amasya Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Beden Eğitimi ve Spor

ORCİD: 0000-0002-0963-5307

Doç. Dr. Seda SABAH

Amasya Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Beden Eğitimi ve Spor

ORCİD: 0000-0002-7386-0314

Özet

Bu çalışmada engelli öğrenciler için beden eğitimi ve spor derslerinde öğretmenin rolü, kullandığı stratejileri ve karşılaştıkları zorlukların incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda çalışmada nitel araştırma yöntemlerinden yararlanılmıştır. Çalışma nitel araştırma desenleri kapsamında yer alan fenomenoloji desenindedir. Çalışmanın örneklem grubunu ağır zihinsel engelliler okulunda görev yapan 1 beden eğitimi ve spor öğretmeni oluşturmaktadır. Veri toplama sürecinde gözlem ve görüşme teknikleri kullanılmıştır. Veri toplama aracı olarak Kurt ve Sabah (2024) tarafından hazırlanan 6 soru kapsamında yarı yapılandırılmış görüşme formları oluşturulmuştur. Veriler Nvivo programı aracılığıyla içerik analiz yöntemiyle çözümlenmiştir. Sonuç olarak; zihinsel engelli bireylerin bedensel gelişiminin desteklenerek farklılıkları doğrultusunda fiziki şartların iyileştirilmesi ve ailelerin bilinçlendirilmesi için eğitimler verilmesi gerekliliği görülmektedir. Zihinsel engelli bireylerin beden eğitimi ve spora katılımını artırmak ve istenen davranışların kazandırılması için ödül yönteminin sıklıkla kullanılması ve hareketlerin kazandırılmasında tekrar yönteminin kullanılması önerilebilir. Bunun yanı sıra engelli bireylerin eğitim göreceği ve spor yapacağı alanlar onların özelliklerine uygun olarak düzenlenmesi, beden eğitimi ve spor ders saatlerinin arttırılması gerekmektedir. Zihinsel engelli bireylerin gelişimine destek olmak için öğretmen-veli ve okul idaresi arasındaki iletişimin sürekli ve düzenli olarak sağlanması, olumlu atmosferin oluşmasına katkı sağlayabilir.

Anahtar Kelimeler: Ağır zihinsel engelli bireyler**,** Engelli bireyler, Öğretmenler, Spor

Physical Education Practices for Students with Disabilities: Teacher's Role and Strategies

Abstract

This study aims to examine the role of the teacher, the strategies used, and the challenges encountered in physical education and sports lessons for students with disabilities. In line with this aim, qualitative research methods were utilized. The study is designed within the scope of qualitative research designs, specifically the phenomenology design. The sample group of the study consists of one physical education and sports teacher working at a school for students with severe intellectual disabilities. Observation and interview techniques were used during the data collection process. As a data collection tool, semi-structured interview forms were created based on six questions developed by Kurt and Sabah (2024). The data were analyzed using the content analysis method via the Nvivo software. As a result, it is seen that it is necessary to

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

support the physical development of individuals with intellectual disabilities, to improve physical conditions in accordance with their differences, and to provide training to raise awareness among families. To increase the participation of individuals with intellectual disabilities in physical education and sports, and to promote desired behaviors, it is suggested to frequently use the reward method and to apply repetition techniques for teaching movements. In addition, areas where individuals with disabilities will receive education and engage in sports should be arranged according to their specific needs, and the number of physical education and sports class hours should be increased. To support the development of individuals with intellectual disabilities, maintaining continuous and regular communication between teachers, parents, and school administration may contribute to creating a positive atmosphere.

Keywords: Individuals with severe intellectual disabilities, Individuals with disabilities, Teachers, Sports

GİRİŞ

Beden eğitimi ve spor faaliyetleri insan yaşantısında önemli bir yere sahiptir. Beden eğitimi ve spor faaliyetleri kişinin sağlığını ruhsal, duygusal olarak desteklemesiyle birlikte, aynı zamanda beden yapısının gelişmesine de katkı sağlamaktadır. Alanyazın incelendiğinde beden eğitimi ve spor terimlerinin çoğu zaman birbirini tamamlayan ya da birbirlerini kapsayan tanımlarla ifade edildiği (Akkoyunlu, 1996) gözlemlenmektedir.

Spor; kişinin bedensel hareketleri eğlenceli ve dinlendirici bir şekilde uygulanmasına imkân tanırken, aynı zamanda belirli kurallara uymayı gerektiren bir eylem olarak tanımlanabilir (Özbaydar, 1986). Buna ilaveten spor bireylerin doğal çevrelerini beşeri çevreye dönüştürür. Ayrıca yeteneklerini geliştirirken sosyalleştirici, toplumu bir araya getiren, kültürel ve rekabetçi bir olgu olarak gelişime katkıda bulunabilir (Koçtürk, 1969). Öte yandan beden eğitimi ise; kişinin beden ve ruh sağlığını koruyarak, bedensel yeteneklerini desteklemeye ve geliştirmeye yönelik çalışmaları kapsamakla birlikte, kurallara dayalı oyun ve fiziksel aktivite gibi alıştırmaları içeren bir etkinlik olarak adlandırılmaktadır (Aracı, 2004; Erhan ve Tamer, 2009).

Bu bağlamda beden eğitiminin amaçları aşağıda belirtilen şekilde ifade edilebilir.

- Kişilerin etkinliklere katılmasıyla beden yapısına ve iskelet sistemine destek olarak sağlığını kontrol altına tutmasına,
- Bireylerin etkinliklere katılarak aktif bir hayat tarzı oluşturmasına ve sorumluluk kazanmasına,
- Belirli kurallar çerçevesinde, oyuna dâhil olarak becerilerini geliştirmesine ve grupla birlikte hareket etme, karar verme gibi iletişim becerileri kazanmasına,
- Bireylerin etkinlikler içerisinde başarma, özgüven kazanma, kendini gerçekleştirme ve değer verme duygusunun oluşturulmasına,
- Fiziksel aktivitelerle enerjinin harcanması ve zihin rahatlama sağlayarak akademik başarıyı desteklemeyi (Güllü ve Güçlü, 2009; Demirhan ve Altay, 2001) amaçlamaktadır.

Kişi bu sistemli etkinlikler sayesinde kas ve eklemlerini kontrol edebilmeyi, dengelerini kurabilmeyi ve doğal olarak kendilerinin farkına vararak bedenlerini kullanabilmeyi öğrenirler (Yıldız, 2012). Beden eğitimi faaliyetleri belirlenmiş hedefler doğrultusunda planlı olarak oluşturulduğunda, zihinsel engelli bireylerin gelişimlerini olumlu yönde etkileyerek katkı sağlayabilir (Akbal, 2016). Aynı zamanda beden eğitimi ve spor; uygun koşullar ve imkânlar sağlanması durumunda engelli bireylerin diğer bireylerle sosyalleşmesini, toplumla etkili iletişim kurabilmesini, kendine güven duygusu geliştirmesini de katkıda bulunur (Çevik ve Kabasakal 2013; Savucu ve Biçer 2009). Başka bir deyişle sportif faaliyetler engelli bireylerin

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

kendine yakın arkadaşlar edinmesine ve çevresinin farkına vararak etkili iletişim becerileri geliştirmesine yardımcı olmaktadır (Hahn and Cella, 2003).

Engellilik; bireyde doğuştan veya sonradan oluşan ve iş yapma yeteneğini kısmen ya da tamamen kullanamaması durumu olarak adlandırılmaktadır. Nitekim bu durum; bedensel, zihinsel ya da ruhsal olarak kendini gösterebilir (Aytaç, 2005). Engellilik; bireylerde doğum öncesi, doğum sırası ve sonradan meydana gelebilmektedir (Cumurcu, Karlıdağ ve Almış, 2012: 88). Bu engel türlerine ilişkin aşağıda örneklere yer verilmiştir.

- Görme ve işitme engelliler
- Hafif, orta ve ağır zihinsel engelliler
- Ortopedik engelliler yılmaz
- Dil ve Konuşma güçlüğü
- Ruhsal ve duygusal rahatsızlığı olanlar
- Dikkat eksikliği ve hiperaktivite
- Süreğen hastalığı olanlar olmak üzere farklı kategorilerde gösterilebilir (Türkiye Engelliler Araştırması Genel Göstergeleri, 2014).

Çalışma kapsamında yer alan ağır zihinsel engellilerin tanımı; zekâ düzeyi genellikle 20-25 ile 35-40 arasında olan ve günlük yaşantıda bağımsızlık gerektiren işlerde zorluklar yaşayan bireyler olarak ifade edilmektedir. Bu bireyler; temel öz bakım becerilerini öğrenme, dil gelişimi, sosyal etkileşim ve öğrenme gibi hususlarda gecikme gösterebilir. Ayrıca, eğitsel destek ve sürekli gözetim gereksinimi duyarlar. Ağır zihinsel engelli bireylerin, sosyal ve toplumsal yaşama katılabilmeleri için özel eğitim ve rehabilitasyon hizmetlerine ihtiyaçları vardır (Yılmaz, 2019). Öte yandan bu süreçte uygulatılacak olan spor aktivitesinin, engelli bireyin yetersizliğine uygun olması ve bireydeki engelin fonksiyonel iyileşmesine destek olması gerekmektedir. Aynı zamanda söz konusu faaliyetlerin ilgisini çekebilecek ve yeteneklerini gösterebileceği hareketlerden oluşmasına dikkat edilmelidir. Tüm bunlara ek olarak bu faaliyetlerin uzman kişiler tarafından uygulanmasının daha faydalı sonuçlar ortaya çıkaracağı ifade edilmektedir (Külahçı ve Pehlivan, 1998).

Engelli bireylerin öz güvenlerini kazanması, toplumla kaynaşması ve sosyalleşmesi için fiziksel aktivite ihtiyaçlarının karşılanmasında okulların rolü büyüktür. Bunun için okuldaki beden eğitimi ve spor derslerinin etkili bir şekilde uygulanması gerçekliği ortaya çıkmaktadır. Beden eğitimi ve spor dersinin uygulayıcıları olan beden eğitimi ve spor öğretmenlerinin ders işlerken kullandıkları metot ve yöntemler fiziksel aktivitenin etkisini artırmaktadır. Kullanılan yöntem ve metotlar olumlu kazanımlar sağlarken; yetersiz fiziki şartlar, eksik malzeme ve aile-okul iletişimsizliği gibi durumlarda olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Günaydın ve ark., (2019) tarafından yürütülen çalışmada; farklı türdeki engeli olan bireylere göre oyun ve etkinliklerde çeşitlendirme yapılmadığı, aynı zamanda ders malzemesi açısından da sıkıntılar yaşandığı tespit edilmiştir. Farklı bir çalışmada ise malzeme yetersizliği ve fiziki koşulların uygun olmayışının fiziksel aktivitenin önündeki engeller arasında olduğu belirtilmiştir (Özdemir, 2022). Çil ve ark., (2023) tarafından yürütülen çalışmada; fiziki koşulların yetersiz olduğu, spor etkinliklerinin alanında uzman olmayan kişiler tarafından yapıldığı ve çevresel baskıların fiziksel aktiviteye katılımın önündeki engeller olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Başka bir çalışmada ise engelli bireylerin fiziksel aktivitelere katılmalarının önündeki engellerin farklı alanlara (ekonomik, sosyal, fiziksel, psikolojik) bağlı olarak oluşabileceği belirlenmiştir (Esatbeyoğlu ve Karahan, 2014). Engelli bireylerin özgüven kazanmaları ve toplumla uyum sağlaması ve aynı zamanda sosyalleşmesi için fiziksel aktivitenin etkisi açıktır. Bu doğrultuda okulların fiziki şartlarının iyileştirilmesi, malzeme eksiklerinin temin edilmesi ve engelli bireylerin spora katılımlarının önündeki engellerin kaldırılması, sorunların tespit edilerek çözüm önerilerinin sunulması için bu alanda yapılacak çalışmaların sayısının artırılması ve gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla bu çalışmada engelli öğrenciler için beden eğitimi

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ve spor derslerinde öğretmenin rolü, kullandığı stratejileri ve karşılaştıkları zorlukların incelenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmanın Modeli

Bu çalışmada engelli öğrenciler için beden eğitimi ve spor derslerinde öğretmenin rolü, kullandığı stratejileri ve karşılaştıkları zorlukların incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda çalışmada nitel araştırma yöntemlerinden yararlanılmıştır. Çalışma nitel araştırma desenleri kapsamında yer alan fenomenoloji desenindedir. Fenomenoloji deseni; literatür incelendiğinde bir çok tanıma yer verilmiştir. Bunlardan biri günlük hayatta karşılaştığımız durumlar, olaylar ve deneyimler gibi aşina olduğumuz ya da anlamını tam olarak bilmediğimiz farklı kavramları da araştırmak olarak tanımlanabilir (Yıldırım ve Şimşek, 2016:). Bir diğer tanım ise bireylerin nesne ve davranışları sınıflamalar aracılığı ile nasıl tanımlamaya çalıştıklarını ortaya koymaktadır (Tezcan, 2013).

Evren ve Örneklem

Çalışmanın evrenini aktif olarak zihinsel engelliler okulunda görev yapmakta olan beden eğitimi ve spor öğretmenleri oluşturmakta olup, çalışmanın örneklemi ağır zihinsel engelliler okulunda görev yapmakta olan 1 beden eğitimi ve spor öğretmeni kapsamındadır. Çalışmada örneklem grubu ölçüt örneklem yöntemi ile belirlenmiştir. Çalışmadaki ölçüt ise beden eğitimi ve spor öğretmeninin ağır düzeyde zihinsel engelli bireylere eğitim vermesi ve ağır zihinsel engelliler okulunda görev yapması koşuludur.

Veri Toplama Aracı

Bu çalışmanın yürütülmesi hususunda, Amasya Üniversitesi Sosyal Bilimler Etik Kurulu tarafınca 108.01-226155 sayılı etik kurul kararı ile onay alınmıştır. Veri toplama aracı olarak Kurt ve Sabah (2024), tarafından 6 sorudan oluşan yarı yapılandırılmış görüşme formu hazırlanmış ve aynı zamanda araştırmacı tarafından gözlem notları tutulmuştur. Yarı yapılandırılmış soruların kapsamı ise; ders sürecinde kullanılan yöntemler, oyun planlaması, oyun çeşitliliği, motivasyon artırmaya yönelik faaliyetler, karşılaşılan sorunlar şeklindedir.

Verilerin Toplanması ve Analizi

Araştırmada nitel araştırma yöntemleri kapsamında yer alan gözlem ve görüşme teknikleri kullanılmıştır. Nitel veri toplama araçlarından biri olan gözlem; en çok kullanılan tekniklerden biridir. Gözlemin en önemli özelliklerinden biri araştırmacıya veri toplama sürecinde veriye ilk elden ulaşma imkanı sağlamasıdır. Aynı zamanda gözlem; araştırmacının uygun bulguğu her alanda (ortamda) veri toplama aracı olarak kullanılabilir. İlaveten gözlem tekniği herhangi bir ortamda davranışların derinlemesine incelenmesin amacıyla kullanılan bir yöntem olarak ifade edilebilir (Yıldırım ve Şimşek, 2016: 173). Görüşme tekniği ise nitel veri toplama yöntemlerinden birisi olarak araştırılan konunun derinlemesine incelenmesidir. Görüşme tekniği birden farklı yöntemle yapılabilir. Bu yöntemde, araştırmacı iletişim ve sosyal etkileşim yoluyla katılımcı ile görüşme yapabilir. Görüşme yönteminin amacı katılımcının konu ile ilgili deneyimlerini, duygu ve düşüncelerini anlaşılması, aynı zamanda bilinmeyenleri açığa çıkarmak ve yeni ürünler oluşturabilmektir (Uslu ve Demir 2023). Alınan izinler doğrultusunda çalışmada aktif olarak görev yapmakta olan bir öğretmen ile görüşmeler yüz yüze yürütülmüş olup, aynı zamanda araştırmacı tarafından gözlem notları tutulmuştur. Çalışmada veriler araştırmacı Kurt ve Sabah (2024), tarafından hazırlanan yarı yapılandırılmış görüşme formları ve gözlem notları ile elde edilmiştir. Veriler, Nvivo programında içerik analiz yöntemi ile çözümlenmiştir. İçerik analizinde temel amaç, toplanan verileri açıklayabilmek ve fark

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

edilmeyen kavram ve temaların keşfedilmesi durumu olarak adlandırılmaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2016: 242). Verilerin çözümlenmesi sonucunda kod ve tema listesi oluşturulmuş.

BULGULAR

Aşağıda belirtilen tabloda nitel veri analiz sonuçlarına ilişkin bilgiler sunulmuştur.

Tablo 1: Beden eğitimi ve spor öğretmenine ilişkin demografik bilgiler

	Yaş	Cinsiyet	Spor Branşı	Eğitim Düzeyi	Gelir Düzeyi	Öğrenci Sayısı	Mesleki Kıdem
K1	42	Erkek	Voleybol Hentbol	Lisans	Orta	32	19

Tablo 1'de beden eğitimi ve spor öğretmenine ilişkin demografik bilgiler yer almaktadır. Çalışmaya katılan öğretmenin eğitim düzeyi lisans seviyesinde olup, spor branşı voleybol ve hentboldur. Toplamda 32 ağır düzeyde zihinsel engelli öğrenciye eğitim veren beden eğitimi ve spor öğretmeninin, mesleki kıdem yılı 19'dur.

Tablo 2: Ders sürecinde kullanılan yöntemlere ilişkin öğretmen görüşü

Name	**Node Type**	**Name**	**Coded Words**	**Coded Text**
Yöntem	Node	Öğretmen	19	Kolaydan zor Basitten Karmaşığa Renkli aparatlar Parlak materyaller Yüksek sesle komut Isınma için kondisyon bisikleti Isınma için koşu bandı
Reports				

Tablo 2'de ders sürecinde öğretmenin kullandığı yöntemlere ilişkin bilgiler yer almaktadır. Elde edilen verilerin analizi sonucunda öğretmenin tümevarım yöntemini ve komut yöntemini kullandığı, komutları özellikle yüksek sesle verdiği, renkli aparatlardan, öğrencilerin ısınması için kondisyon bisikleti ve koşu bandından yararlanıldığı belirlenmiştir.

Tablo 3: Oyun planlamasına ilişkin öğretmen görüşü

Name	**Node Type**	**Name**	**Coded Words**	**Coded Text**
Oyun Planlaması	Node	Öğretmen	4	BEP Seviye Renkli materyaller
Reports				

Tablo 3'te oyun planlamasına ilişkin öğretmen görüşü yer almaktadır. Elde edilen verilerin analizi sonucunda öğretmenin planlama yaparken BEP planını göz önünde bulundurduğu ve renkli materyaller kullandığı tespit edilmiştir.

Tablo 4: Ders sürecinde oyun çeşitliğine ilişkin öğretmen görüşü yer almaktadır.

Name	Node Type	Name	Coded Words	Coded Text
Oyun Çeşitleri	Node	Öğretmen	11	El-göz koordinasyonu Halka Huni Labut Denge Kas becerileri Renkleri eşleştirme Parkur
Reports				

Tablo 4'te ders sürecinde oyun çeşitliğine ilişkin öğretmen görüşü yer almaktadır. Elde edilen verilerin analizi sonucunda öğretmenin genellikle kas becerisi, el göz koordinasyonunu geliştirici oyunları tercih ettiği, ayrıca huni, halka, denge gibi oyunlarında oynatıldığını ifade etmiştir.

Tablo 5: Öğrencilerin motivasyonunu artırmaya yönelik öğretmen görüşü

Name	Node Type	Name	Coded Words	Coded Text
Motivasyon	Node	Öğretmen	5	Ödül Cesaretlendirme Müzik Kahve Çikolata
Reports				

Tablo 5'te öğrencilerin motivasyonunu artırmaya yönelik öğretmen görüşü yer almaktadır. Öğretmen öğlencilerin motivasyonunu arttırmak için ödül yöntemini kullandığını, öğrenciyi sözlü olarak cesaretlendirdiğini bunun yanı sıra kahve, çikolata ve müzik gibi unsurların öğrencinin motivasyonunu artırmada etkili olduğunu ifade etmiştir.

Tablo 6: Karşılaşılan sorunlara ilişkin öğretmen görüşleri

Name	Node Type	Name	Coded Words	Coded Text
Karşılaşılan sorunlar	Node	Öğretmen	15	Fiziki yapının uygun olmaması Materyale bütçe ayrılmaması Ders saatinin düşürülmesi Asansörün olmaması Velinin psikolojik sorunları
Reports				

Tablo 6'da öğretmenin süreç içerisinde karşılaştığı sorunlara ilişkin görüşü yer almaktadır. Elde edilen verilerin analizi sonucunda öğretmen; okulun fiziki yapısının öğrenciye uygun olmayışı, velinin çocuğundan ötürü psikolojisinin bozuk olduğu, ders saatlerinin düşürüldüğünü, araç gereç için bütçe ayrılmadığını ve okul bünyesinden asansör olmadığı şeklinde sorunların olduğunu ifade etmiştir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ARAŞTIRMACININ GÖZLEM NOTU:

Çalışmada araştırmacı gözlemci notuna ilişkin bilgiler aşağıda yer almaktadır.

Öğretmenin ders esnasında; tümevarım yöntemini ve komut yöntemini kullandığı ve komutları özellikle yüksek sesle verdiği, ders işlerken renkli aparatlardan yararlandığı, derse hazırlık aşamasında öğrencilerin ısınması için kondisyon bisikleti ve koşu bandından yararlandığı tespit edilmiştir. Ayrıca öğretmenin okul içerisinde bir sınıfı spor alanına dönüştürdüğü ve zemini evalarla, duvar kenarlarını ve kalorifer peteğinin olduğu yeri yumuşak minderlerle kapladığı görülmüştür. Salon içerisinde kondisyon bisikleti, koşu bandı, basket potası, huniler, renkli çemberler, yumuşak toplar, televizyon ve ses sistemi gibi materyallerle zenginleştirdiği gözlemlenmiştir. Ağır zihinsel engelli bireylerin olduğu sınıflarda öğrenci sayısı 3 kişiyi geçmemektedir. Ders başlangıcında öğretmenin öğrencileri ısındırmak için koşu bandında yavaş tempoda yürüyüş yaptırarak derse hazırladığı ve sonrasında hunilere renkli çember atma etkinliği yaptırarak derse başladığı tespit edilmiştir. Etkinlik esnasında öğrencilerin verilen komutları yapmada zorlandığı durumlarda öğretmen öğrenciye sözel destek olmuş ve hareketi yapması için cesaretlendirmiştir. Öğrencilerin sevdiği müziği açarak daha olumlu bir ders ortamı oluşturmuştur.

Öğretmenin oyun planlamasını BEP planına göre yaptığı ve renkli materyaller kullandığı gözlemlenmiştir. Salonda bulunan materyallerin çeşitli boyutlarda ve yumuşaklıkta olduğu ve renkli malzemelerin bulunduğu belirlenmiştir.

Oyun çeşitliğine ilişkin öğretmenle yapılan görüşmede, genellikle kas becerisi, el göz koordinasyonunu geliştirici oyunları tercih ettiği, ayrıca huni, halka denge gibi oyunların oynatıldığı gözlemlenmiştir. Ders esnasında öğretmenin salon içerisindeki materyalleri (huni, çember) kullanarak dersi işlediği ve müzikle öğrencilerin motivasyonlarını sağlayıp alçalan ve yükselen ses komutlarıyla dikkatlerini sürdürmelerini sağladığı görülmüştür.

Sonuç olarak yapılan gözlemde; okulun bir lojman dönüştürüldüğü ve içerisinde engelli bireyler için rampa veya asansörün olmadığı tespit edilmiştir. Spor salonunu okulun en üst katında bir sınıfta oluşturulmuştur. Yürüme engeli olan ve tekerlekli sandalye kullanan bir öğrencinin salona gelmesinin mümkün olmadığı tespit edilmiştir. Bu durumda öğrencinin beden eğitimi ve spor dersi kendi sınıfında yapılmaktadır ve salondaki materyaller ve imkânlar göz önüne alındığında sınıf ortamında böyle bir alan oluşturulamamaktadır. Dolayısıyla bu durum öğrencinin beden eğitimi dersine aktif katılımını olumsuz etkilemektedir. Ayrıca öğrencilerin ağır zihinsel engelli oldukları göz önünde bulundurulduğunda derse motivasyonunun sağlanması ve verilen bir komutu yerine getirmesi uzun zaman almaktadır. Bu yüzden ders süresinin yetersiz olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada engelli öğrenciler için beden eğitimi ve spor derslerinde öğretmenin rolü, kullandığı stratejileri ve karşılaştıkları zorlukların incelenmesi amaçlanmıştır. Elde edilen verilerin analizi neticesinde aşağıda çalışma sonuçlarına yer verilmiştir.

Öğretmenin ders anlatım sürecinde tümevarım yöntemini ve komut yöntemini kullandığı ve komut verirken ses tonunu yükselttiği, derse hazırlık aşamasında salonda bulunan

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

materyallerden (kondisyon bisikleti, koşu bandı) faydalandığı ve kullanılan malzemelerin renkli olmasına dikkat ettiği sonucuna ulaşılmaktadır.

Ders planlamasında BEP planına göre hareket ettiği ve çeşitli (renk, şekil) materyaller kullandığı tespit edilmektedir.

Öğretmenin oyun seçerken genellikle kas becerisi ve el göz koordinasyonunu geliştirici oyunları tercih ettiği, bunun içinde oyunlarında huni ve halka kullanarak desteklediği sonucuna ulaşılmıştır.

Öğrencilerin motivasyonunu arttırmak için ödül yöntemini kullandığı ve ödül olarak kahve, çikolata ve müzikten faydalandığı, ayrıca öğrenciyi sözlü olarak da cesaretlendirdiği tespit edilmiştir.

Olumsuz olarak; okulun fiziki yapısının öğrenciye uygun olmayışı (asansör, rampa), velinin çocuğundan ötürü psikolojisinin bozuk olduğu, ders saatlerinin yetersiz olduğu ve araç gereç temininde zorlandığı sonucuna ulaşılmıştır.

Çalışmada beden eğitimi ve öğretmeninin kullandığı yöntemlerin tümevarım ve komut yöntemi olduğu ve ders materyallerinde çeşitli şekil ve renklerde materyaller kullandığı tespit edilmiştir. Öğretmenin öğrencilerin derse katılımını artırmak ve motivasyonlarını sağlamak için ödül yöntemine başvurduğu ve olumlu sonuçlar aldığı belirlenmiştir. Ders işlenen alanda güvenlik önlemlerinin alındığı fakat okulun fiziki şartlarının yetersiz olduğu, bununda ders işlerken kısıtlamalara yol açtığı görülmüştür. Öğrencilerin ağır zihinsel engele sahip oldukları göz önünde bulundurulduğunda bir hareketin öğretilmesi için yeterli sürenin olmayışı, dersin verimliliğini düşürmekte ve kazandırılmak istenen davranışın gerçekleşmesini zorlaştırmaktadır. Alanyazın incelendiğinde; ağır zihinsel engelli bireylerin eğitilmesinde akademik (zihinsel) başarıdan öte kendinin farkına varması sağlanmalı ve vücudunu yetenekleri doğrultusunda etkili kullanması için de ilk koşul olarak motor uygunluk ve fiziksel ögelerin iyileştirilmesi gerektiği ifade edilmektedir (Biçer, Savucu, Kutlu, Kaldırımcı ve Pala, 2004). Dolayısıyla bu süreçte dersin verimli işlenmesi, öğretmenin öğretim yöntemlerini etkili ve verimli kullanarak istenilen davranışı aktarabilmesi için fiziki şartların iyileştirilerek materyal desteğinin sağlanması elzemdir. Başka bir ifadeyle öğretim yöntemlerinin etkili kullanılması eğitimin kalitesini artırmaktadır. Bu bağlamda ders esnasında materyal kullanımının zenginleştirilmesi, motivasyonun artırılması aynı zamanda ödül yönteminin kullanılması ve sözel uyaranlarla öğrencilerin desteklenmesi olumlu sonuçlar ortaya çıkaracaktır. Örneğin; Savucu ve ark., (2009) tarafından yürütülen araştırmada, zihinsel engelli bireylerin etkinliklerinde etkili yöntemlerin kullanılmasının, bireylerin zihinsel, fiziksel ve toplumsal gelişimlerini destekleyerek olumlu sonuçlar doğurduğu tespit edilmiştir. Mauerberg-de Castro ve ark., (2016), tarafından yürütülen çalışmada ise bireylerin çoğu zaman takdir edilme ve onaylanma ihtiyaçlarını spor yoluyla kazanmaya çalıştıkları sonucuna varılmıştır. Ayrıca zihinsel engelli çocukların eğitimlerinde zihinsel yeteneklerinden çok, vücutlarını kullanmaya yönelik etkinliklerde fiziksel ve motorik öğelerin iyileştirilmesinin daha etkili olduğu belirtilmiştir (Biçer ve ark ,. 2004).

Eğitim sürecinde okulun fiziki şartlarının zihinsel engelli bireylerin özelliklerine göre düzenlenmesi, veli-öğretmen ve okul idaresi işbirliğinin de artırılması gerekmektedir. Örneğin;

Gür (2001), zihinsel engelli bireylerin gelişimini olumlu yönde desteklemek için sportif faaliyetlere yönlendirilmelerinin ve bu faaliyetlere devamlılığın sağlanması için ailelerinin ve çevrenin farkındalık düzeylerinin artırılmasının gerekliliğini belirtmiştir. Engelli bireylerin fiziksel aktivitelere katılımı sağlanarak bedensel gelişimlerinin desteklenmesi gerekmektedir. Bunun içinde çevresel düzenlemelerin iyileştirilmesi ve engel türüne göre düzenlenmesi fiziksel aktivitelere dâhil olmalarının önündeki engellerin kaldırılması önem arz etmektedir (Karagün, 2024). Ayrıca fiziksel aktivitenin yetersiz malzeme ve ekipman eksikliğinden olumsuz etkilendiği sonucuna varılmıştır (Özdemir, 2022). Sporun bedensel gelişimi destekleme de büyük önemi olduğu, fiziksel ve psikolojik olarak da olumlu sonuçlar gösterdiği gözlemlenmiştir. Son yıllarda engelli bireylerin sportif faaliyetlere katılımlarında artış görülmeye başlanmış ve engelli bireylerin farklı spor branşlarında daha çok yer almaya başladığı tespit edilmiştir. Böylelikle sportif faaliyetler engelli bireylere fiziki, sosyal ve zihinsel olarak faydalar sağlarken, temel motorik becerilerinin de gelişmesine katkı sağlamaya destek olmaktadır (Uslu, 2016). Esatbeyoğlu ve Karahan (2014)'ın çalışmasında; engelli bireylerin fiziksel aktivitelere katılmalarını etkileyen faktörlerden biri, ulusal medyada yabancı medyada spor ve fiziksel aktivite örneklerine yeteri kadar yer verilmemesi olarak belirtilmiştir. Altun (2010), bedensel engellilerin sportif aktivitelere katılımının yaşam kalitesi üzerindeki etkisini incelediği çalışmasında ise, yazılı ve görsel basında engelli sporculara dair haberlerin daha fazla yer almasının, toplumsal farkındalığın artırılması ve engelli bireylerin topluma entegrasyonunun sağlanması açısından önemli bir rol oynadığını ifade etmiştir. Bu durum, engelli bireylerin toplumsal yaşamda daha aktif bir rol üstlenmelerine, ayrımcılığın azaltılmasına ve toplumda engellilikle ilgili olumsuz algıların kırılmasına katkı sağlayabilir. Çalışma kapsamında önerilere ilişkin bilgiler aşağıda sunulmuştur.

- ✓ Engelli bireylerin spora katılımını arttırmak için yeteneklerinin belirlenmesine yönelik çalışmaların yapılması.
- ✓ Etkinlikler düzenleyerek engeli olan ve olmayan sporcuların bir araya gelmesini ve kaynaşmalarının sağlanması.
- ✓ Farklı engel gruplarındaki sporcular için, fiziksel aktivite ve etkinliklerin yapılacağı donanımlı tesislerin oluşturulması ve yaygınlaştırılmasının sağlanması.
- ✓ Hem engelli bireylere hem de ailelerine bilgilendirici, yönlendirici eğitimler verilmesi ayrıca engelli bireylerle çalışacak öğretmen, çalıştırıcı ve okul yöneticilerinin de gerekli eğitimleri almalarının teşvik edilmesi.
- ✓ Engelli bireylerin eğitimleri, başarılı engelli sporcular, uyarlanmış beden eğitimi ve spor gibi vb. konularda haberlerin medyada ön plana çıkarılması.
- ✓ Okulun fiziki yapısın her engel türüne uygun olarak planlanması ve gerekli materyallerin sağlanması önem arz etmektedir.

KAYNAKÇA

Akbal, E. (2016). *Özel eğitim uygulama okullarındaki beden eğitimi dersi uygulamalarının incelenmesi* (Kırıkkale örneği). [Yüksek Lisans Tezi]. Kırıkkale Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.

Akkoyunlu, Y. (1996). Beden eğitimi ve spor. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 1*(1), 80.

Altun, B.(2010). *Bedensel engellilerin sportif aktivitelere katılımının yaşam kalitesi üzerindeki etkisini incelenmesi.* [Yüksek Lisans Tezi] Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.

Aracı H.(2004).*Öğretmenler ve Öğrenciler İçin Okullarda Beden Eğitimi*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.

Aytaç, S.(2005) . *İstihdam ve koruma alanı yaratmak üzere özürlüler için sosyal yaşam. Sosyal siyaset konferansları*, İstanbul. (49).

Biçer, Y., Savucu, Y., Kutlu, M., Kaldırımcı, M ve Pala, R. (2004). Güç ve kuvvet egzersizlerinin zihinsel engelli çocukların hareket beceri ve yeteneklerine etkisi. *Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi, 3*(1), 173-179.

Cumurcu, B. E., Karlıdağ, R., ve Almış, B. H. (2012). Fiziksel engellilerde cinsellik. *Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar, 4*(1), 84-98.

Çevik, O. ve Kabasakal, K. (2013). Spor etkinliklerinin, engelli bireylerin toplumsal uyumuna ve sporla sosyalleşmelerine etkisinin incelenmesi. *International Journal of Social and Economic Sciences, 3(*2), 74-83.

Çil, H., Yılmaz, B. H.,İlahn, E. L. (2023). Bedensel engelli sporcu perspektifinden: Sporda özel gereksinimli bireyler. *Spormetre The Journal of Physical Education and Sport Sciences, 21*(100. Yıl Özel Sayı), 2023, 127-138

Demirhan, G. Altay, F.(2001).Lise birinci sınıf öğrencilerinin beden eğitimi ve spora ilişkin tutum ölçeği. II. *Spor Bilimleri Dergisi: Hacettepe Üniversitesi, 12*(2), 09-20.

Erhan, E. E. ve Tamer, K.(2009). Doğu Anadolu bölgesi ilköğretim ve ortaöğretim okullarında beden eğitimi dersi için gereken tesis araç-gereç durumları ile öğrencilerin beden eğitimi dersine ilişkin tutumları arasındaki ilişkiler. *Journal of Pyjsical Education and Sport Sciences,11*(3).

Esatbeyoğlu, F., ve Karahan, B. G. (2014). Engelli bireylerin fiziksel aktiviteye katılımlarının önündeki engeller. *Spor Bilimleri Dergisi, 25*(2), 43-55. https://doi.org/10.17644/sbd.171307

Günaydın, B., Mirzeoğlu, N., & Acar, H. (2019). Zihin engelliler beden eğitimi dersi içerik ve uygulamalarının değerlendirilmesi. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 19*(1), 235-242. https://doi.org/10.17240/aibuefd.2019.19.43815-470414

Güllü M. ve Güçlü, M.(2009). Ortaöğretim öğrencileri için beden eğitimi dersi tutum ölçeği geliştirilmesi. *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi, 3(*2).

Gür, A. (2001). *Özürlülerin Sosyal Yaşam Uyum Süreçlerinde Sportif Etkinliklerin Rolü*, T.C. Başbakanlık Özürlüler İdaresi Başkanlığı, Ankara, 33-34.

Hahn E.A. and Cella D. (2003). Health outcomes assessment in vulnerable populations: Measurement challenges and recommendations archives physical rehabilitation and medicine, 84 , Suppl2, 35-42

Karagün, E.(2024). Engelliler ve spor. *Şura Akademi Dergisi,* (5), 25-36

Külahçı, M. ve Pehlivan, O. Z. (1998). Özel eğitime muhtaç gençlere yönelik spor eğitimi. *Journal of Physical Education and Sports Studies, 8*(20), 14-19.

Koçtürk, O. N. (1969). *Sporcular İçin Besin ve Beslenme El Kitabı*. İstanbul: Nadir Kitap

Mauerberg-de Castro, E., Campbell, D. F., & Tavares, C. P. (2016). The global reality of the Paralympic Movement: Challenges and opportunities in disability sports. *Motriz: Revista de Educação Física, 22*(3), 111-123.

Özbaydar, S. (1986). *İnsan davranışlarının sınırları, spor psikolojisi*. İstanbul: Altın Kitaplar

Özdemir, D. (2022). *Görme engelli sporcuların sosyo-ekolojik kuram çerçevesinde spora katılımlarını etkileyen etmenlerin incelenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Gedik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.

Savucu, Y. ve Biçer S.Y. (2009). Zihinsel engellilerde fiziksel aktivitelerin önemi. *Türkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences, 1*(2), 117-122.

Tezcan, M. (2013). Sosyolojik kuramlarda eğitim. Ankara: Anı Yayıncılık.

Uslu, F. ve Demir, E. (2023). Nitel bir veri toplama tekniği: Derinlemesine görüşme. *Hacettepe Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Dergisi, 40*(1), 289-299. https://doi.org/10.32600/huefd.1184085

Uslu, A. (2016). *10-20 yaş arası eğitilebilir ve öğretilebilir durumdaki bedensel engelli bayan ve erkek sporcuların açık ve kapalı alan etkinliklerinde yürütülen spor eğitiminin motor beceriler üzerine etkilerinin değerlendirilmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Gelişim Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.

Yıldız, E. (2012). *İlk ve ortaöğretimde görev yapan beden eğitimi ve spor öğretmenlerinin beden eğitimi ve spor derslerinde kullandıkları öğretim yöntemleri ve karşılaştıkları sorunların incelenmesi*.[Yüksek Lisans Tezi]. Cumhuriyet Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.

Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2016). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Ankara: Seçkin.

Yılmaz, M. (2019). *Zihinsel engellilik: Tanım ve eğitim yöntemleri*. Nobel Yayıncılık.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Kafein Kullanımına İlişkin Antrenör Perspektifleri: Vücut Geliştirme Ve Fitness Alanında Bir İnceleme

Yüksek Lisans Öğrencisi, Mehmet BARAN
Amasya Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Beden Eğitimi ve Spor
ORCİD: 0009-0002-2275-1756

Doç. Dr. Seda SABAH
Amasya Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Beden Eğitimi ve Spor
ORCİD: 0000-0002-7386-0314

Özet

Bu çalışma, vücut geliştirme ve fitness alanında görev yapan antrenörlerin kafein kullanımına ilişkin görüşlerinin incelenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Araştırma nitel araştırma yöntemleri kapsamında yürütülmüştür. Çalışma nitel araştırma desenleri içerisinde yer alan fenomenoloji desenidir. Çalışmanın evrenini vücut geliştirme ve fitness alanında aktif olarak çalışan antrenörler oluşturmaktadır. Örneklem grubu ise bu alanda görev yapan 6 antrenör kapsamındadır. Veri toplama sürecinde araştırmacılar tarafından geliştirilen yarı yapılandırılmış formlarla yüz yüze görüşmeler yürütülmüştür. Görüşme sürecinde veri kaybına sebebiyet vermemek için ses kayıtları alınmıştır. Yazıya aktarılan veriler Nvivo programında betimsel analiz yöntemiyle çözümlenmiştir. Araştırmada antrenörler, kafeinin zinde olma, yorgunlukta azalma, spor performansını kısa vadede artırıcı olumlu etkileri olduğunu belirtirken, aynı zamanda kas krampları, anksiyete, ritim bozukluğu, eklemlerde zayıflama, yüksek tansiyon ve baş ağrısı şeklinde çeşitli sağlık riskleri ve yan etkilerinin olabileceği görüşünde oldukları tespit edilmiştir. İlaveten çalışmada antrenörlerin çoğunlukla pre-workout kullanımını tercih ettikleri, kafein önerilerini planlarken sağlık durumu, tahlil sonuçları, yaş, cinsiyet, kafein hassasiyeti, günlük doz gibi bireysel faktörleri dikkate aldıkları belirlenmiştir. Ek olarak antrenörlerin çoğunluğunun, sponsor oldukları kafein markasını bilimsel verilerle çelişmesi durumunda sporculara ve üyelere önermeyecekleri sonucuna varılmıştır. Tüm bunlara ilaveten kafein kullanımının bazı sporcularda bağımlılık potansiyeli taşıyabileceği ve bunun fazla tüketme isteği, kafein olmadan antrenman yapamama, kafein olmadan uyanamama ile antrenmanın verimsiz geçeceği inancı gibi davranışlarla kendini gösterebileceği belirlenmiştir. Son olarak antrenörlerin çoğunluğunun bilimsel çalışma okudukları, bunun yanında sosyal medyadan yararlandıklarını aynı zamanda okudukları bilimsel çalışmanın içeriğinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Antrenörler kafein konusunda; sosyal medya ve reklamlar yerine bilimsel temelli yaklaşımı benimsemeli, bireysel faktörleri göz önünde bulundurmalıdır. İlaveten kafein konusunda antrenörlerin süreci daha etkin yürütebilmeleri bakımından beslenme, kurs, seminer vb. gibi eğitimlere katılımları teşvik edilerek deneyim kazanmaları gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Antrenör, Fitness, Kafein, Vücut Geliştirme

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Coaches' Perspectives on Caffeine Use: An Examination in the Field of Bodybuilding and Fitness

Abstract

This study was carried out to examine the opinions of coaches working in the field of bodybuilding and fitness regarding caffeine use. The research was conducted within the scope of qualitative research methods. The study employs the phenomenology design, which is one of the qualitative research designs. The universe of the study consists of coaches actively working in the field of bodybuilding and fitness. The sample group includes 6 coaches working in this field. Face-to-face interviews were conducted using semi-structured forms developed by the researchers during the data collection process. Voice recordings were taken during the interview process to prevent data loss. The transcribed data was analyzed using the descriptive analysis method in the Nvivo program. The study found that the coaches stated that caffeine has positive effects such as being energetic, reducing fatigue, and increasing sports performance in the short term, while they also found that it may have various health risks and side effects such as muscle cramps, anxiety, arrhythmia, weakening of joints, high blood pressure, and headache. Furthermore, it was determined in the study that coaches mostly prefer to use pre-workout supplements, and they consider individual factors such as health status, test results, age, gender, caffeine sensitivity, and daily dosage when planning their caffeine recommendations. Additionally, it was concluded that the majority of coaches would not recommend the caffeine brand they sponsor to athletes and members if it contradicted scientific data. In addition to all these, it was determined that caffeine use may carry a potential for addiction in some athletes, which can manifest itself through behaviors such as a desire for excessive consumption, inability to train without caffeine, inability to wake up without caffeine, and the belief that the training will be unproductive without it. Finally, it was determined that the majority of coaches read scientific studies, that they also use social media, and that the content of the scientific study they read is important. Coaches should adopt a science-based approach and consider individual factors regarding caffeine, instead of social media and advertisements. Furthermore, coaches need to gain experience by being encouraged to participate in nutrition, course, seminar, etc. training so that they can manage the process more effectively regarding caffeine.

Keywords: Coach, Fitness, Caffeine, Bodybuilding

GİRİŞ

Kas hipertrofisini maksimum seviyede geliştirmeyi amaçlayan, organize edilmiş dayanıklılık egzersizleriyle kas hacmi ve estetikliğini koruyarak artırmayı hedef edinen aktivite çeşidi vücut geliştirme olarak adlandırılmaktadır. Vücut geliştirmede her ne kadar estetik özelliğin ön plana çıktığı görülse de, bireysel yaşam şekilleri, uygulanması planlanan katı diyet listeleri, disiplinli olmayı gerektiren antrenman programlarıyla beraber önemli mental ve bedensel alışkanlık içerir (Helms et al., 2014). Fitness; kişinin fiziksel etkinliği verimli bir biçimde uygulayabilmesi için kazandığı ya da sonradan geliştirmiş olduğu birtakım fiziksel özelliklerin bütünüdür. Bu fiziksel özellikler; dayanıklı ve kuvvetli olma, hızlı ve çevik olabilme vb. unsurları içermektedir (Farley et al., 2020). Bu bağlamda süreci yönetebilmek, hedeflerine planlı ve doğru bir şekilde ulaşabilmek için bireyler alanında donanımlı profesyonel kişilerden destek alma ihtiyacı duyar. Bu kişilerin başında da vücut geliştirme ve fitness antrenörleri gelmektedir. ISSA (International Sports Sciences Association) ve ACE (American Council on Exercise) vücut geliştirme ve fitness antrenörünü; bireylerin güç kazanımı, kilo kontrolü, performans artışı vb. konularda kişiye özel egzersiz programı düzenleyen, fiziki değerlendirmeler yapan, egzersizin teknik uygulamalarını gösteren ve yaşam şekillerindeki değişimleri destekleyerek onların amaçlarına ulaşmalarını sağlayan, alanında donanımlı (uzman) kişiler olarak tanımlamaktadır (ISSA, 2025;

ACE, 2020). Türkiye'de ise Gençlik ve Spor Bakanlığı'na bağlı Spor Hizmetleri Genel Müdürlüğü (SHGM) tarafından yayımlanan Antrenör Eğitim Talimatı doğrultusunda, antrenör; belirli bir spor dalında düzenlenen eğitim programlarını başarıyla tamamlayarak ilgili kademe için geçerli belgeyi almaya hak kazanan birey olarak adlandırılmaktadır (SHGM, t.y.). Türkiye Vücut Geliştirme ve Fitness Federasyonu (TVGFBF) da bu tanımı benimsemekle beraber en az 2. Kademe Antrenörlük Belgesine sahip bireylerin sahada görev alabileceğini belirtmektedir (TVGFBF, t.y.; MEB, 2023).

Günümüzde popüler bir içecek olan kahve, 400 yıl önce Avrupa'da insanların fazla bilgi sahibi olmadığı bir Doğu lezzeti idi. Avrupa ile yabancı kültürler arasında doğrudan iletişim aracı sayılan seyahatnameler, Avrupa insanının dünya görüşünde yoğun değişimlere neden oldu (Yıldız, 2024). Kafein; doğada birtakım bitkilerin yaprak, tohum ve meyve kısımlarında bulunmakta olan kahve, kakao ve çayın doğal halde görülen şekillerinde bir uyarıcı etkenidir (Wikoff ve ark., 2017). Alman kimyager Friedrich Ferdinand Runge ise 1819 yılında kafeine kahve bazı "Kaffebase" ismini vererek çağdaş anlamda tanımına vurgu yapmıştır (Ukers, 2012). Kafeinin tarih sürecindeki sportif verim açısından üstlendiği rolüne bakıldığında ise Dünya Anti-Doping Ajansı (WADA) 2004 yılında yasaklanan hususlar kataloğundan kafeini çıkarması değerli bir odak noktası haline gelmesine yol açmıştır (Maughan et al., 2018). Öte yandan kafein, dünya genelinde yaygın olarak kullanılan ergojenik yardımcılardan biri olup özellikle de sportif verimi artırabilmesi yönüyle vücut geliştirme ve fitness alanında sık olarak tüketilmektedir (Southward et al., 2018). Kafeinin ergojenik olması; içermiş olduğu düz kasları gevşeten (teofilin) ve paraksantin (kafein içerisindeki bir çeşit uyarıcı) maddelerinin beyin barikatını geçmesiyle m.s.s'de uyarıya yol açması, egzersiz sırasında trigliserid oksidasyonu aktif ederek yardım etmesi, hipofiz bezinden ağrı giderici olarak salgılanan beta-endorfinin artışıyla yorgunluğu geciktirmesi ve ısı artışı gibi birtakım olayları beraberinde sağlamasından kaynaklanmaktadır (Goldstein et al., 2010: 7-5). Farmokoloji yönünden etkisi incelendiğinde kafeinin adenozin almaçlarını inhibe ederek merkezi sinir sistemine uyarı sağlamakta ve böylelikle yorgunluk hissini azaltarak zihinsel konsantre olma durumunu yükselttiği bilinmektedir (Davis & Green, 2009). Egzersiz esnasında ve devamında azalan motor hareketlerine bildirim sağlayarak kaslardaki kasılma döngüsünün çabukluğunda artışa yol açmaktadır (Graham, 2001: 785-807). Kafein kas (adele) kasılma sürecine yardım etmenin yanı sıra kalsiyum hareketini artırarak beraberinde de yağ kullanımını okside ederek glikojen depolarının ekonomikliğine etki sağladığı da bilinmektedir (Glaister et al., 2018). Bunlara ek olarak yürütülen bazı çalışmalar; artırılan kafein tüketiminin, okside edilen enzim etkisiyle yapısı değişen bileşiklerde (substratlarda) farklılıklara yol açarak ve yağ katabolizmasını uyardığını, yağ yakımını artırdığını, böylece kas glikojen depo alanlarının revize edilmesine imkân tanıyarak aerobik egzersizlerde verimi uzun süre boyunca geliştirdiği yönünde önemli bir pay sahibi olduğu tespit edilmektedir (Cruz ve diğerleri, 2015). İlaveten kafein merkezi sinir sistemine etki ederek depolanmış halde bulunan kalsiyumun sarkoplazmik retikulumdan çıkışını artırarak oksijenin tasarruflu bir şekilde kullanılmasını sağlar. Bu durumda yağ yakımının artmasına neden olur (Naderi et al., 2016: 1-12). Bu bağlamda özellikle vücut kompozisyonu amacı taşıyan sporcular için bu etkinin yüksek derecede önem taşıdığı söylenebilir. Yapılan güncel meta-analiz çalışmalarında kafein alınmasının güç ve kuvvet oluşturma üstündeki pozitif faydalarını açığa çıkardığı sonucuna ulaşılmaktadır (Grgic & Pickering, 2019). Bununla beraber, kazanılan performans birikimleri; kişinin kafeine olan duyarlılık durumu, dozaj miktarı, tüketim zamanlaması ve çalışılan egzersizin tipi, şiddeti vb. gibi pek çok etmene bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir (Southward et al., 2018).

Farklı formlarda tüketimi olan kafeinin sporcular tarafından çeşitli alanlarda kullanımı gözlemlenmektedir. Sporla ilgilenenler kafeini yoğunlukla kapsül, tablet, enerji içeceği, pre-workout takviyesi, kafeinli sakız, kahve ve jel formu şeklinde kullanmaktadırlar (Guest et al.,

2021). Örneğin dayanıklılık içeren spor branşları ile ilgilenen sporcular genellikle kafeini jel ve sıvı form şeklinde kullanırken; fitness ve kuvvet sporcuları çoğunlukla kapsül veya pre-workout olan toz karışımları şeklinde kullanım eğilimi göstermektedirler (Salinero et al., 2019). Ek olarak kafeinin diğer tüketim formları olan enerji jeli ve kafein içeren sakızlar ise müsabaka ve egzersiz esnasında emilimin hızlı olmasını isteyen dayanıklılık sporu ile uğraşan bireyler tarafından olarak tercih edilmektedir (Paton et al., 2022). Grcgic ve ark. (2020) yürütmüş olduğu çalışmada ise sporcuların büyük çoğunluğunun kafein kullanımını kapsül veya tablet formu şeklinde sağladığını, bunun da doz kontrolü ve vücutta emilimi yönünden faydalı olduğunu belirtmiştir. Bunun yanında ağızda bulunan mukus sayesinde kafein içeren sakızlı formların emilimi kafeinin hızlı bir şekilde kana yayılmasını kolaylaştırmakta, böylece bu durumda süresi kısa olan güç ve çaba gerektiren spor branşlarında verim üstünlüğü sağlayabilmektedir (Kamimori et al., 2002). Bununla beraber, pre-workout takviyeleri içerisinde birçok sayıda yapı içermesinin yanı sıra yüksek oranda kafein bulundurabilmektedir. Belirgin bir şekilde serbest zaman-yenilenme (rekreasyon) etkinlikleri gibi seviyelerde sporla ilgilenen kişiler bu ürünleri sıklıkla tüketmektedir; yine de içeriğinin değişkenlik göstermesi sebebiyle dozaj aşımı ve komplikasyon tehlikesi oluşturabilmektedir (Guest et al., 2021). Nitekim bu durum karşısında da bazı bireyler daha düşük doz alımlarına karşı bile yüksek uyarılma yaşarken; bazıları ise daha yüksek miktarda doz alımlarına tolerans gösterebilir. Bununla ilgili Uluslararası Spor Beslenme Topluluğu (ISSN) ise aktüel olarak kafein tüketim dozaj miktarının 3-6 mg/kg civarında tesirli ve güvenilir olacağına değinen durum bildirimleri şeklinde yayınlar yapmaktadır (Jäger et al., 2023).

Tablo 1: Kafein dozu, etkisi ve hedeflenen performans alanı

Kafein Dozu (mg/kg)	**Beklenen Ergogenik Etki**	**Hedeflenen Performans Alanı**	**Kaynak**
1–2 mg/kg	Hafif uyarıcı etki, artan zihinsel uyanıklık	Düşük yoğunluklu antrenman, mental odaklanma	Spriet (2014)
3–6 mg/kg	Artan dayanıklılık, geciken yorgunluk, güç artışı	Kuvvet, dayanıklılık, HIIT	Grgic et al. (2019); Goldstein et al. (2010)
>6 mg/kg	Etkiler plato(zirve) yapabilir, yan etkileri artabilir (anksiyete, çarpıntı vb.)	Yarışma öncesi riskli doz	Burke (2008); Spriet (2014)
200–400 mg (sabit doz)	Ortalama egzersiz öncesi destekleyici etki	Genel antrenman desteği	Guest et al. (2021)

Tablo 1'de yürütülen çalışmalar incelendiğinde sporcular tarafından 3–6 mg/kg miktarının kafein tüketiminin en yaygın ve etkili scalası gösterilmektedir (Grgic et al., 2019). Ayrıca bu durum kafeinin kullanımı konusunda Uluslararası Spor Beslenme Topluluğunun güncel yayınlarını destekler nitelikte olduğu söylenebilir. Aynı zamanda belirli bir miktarın üstünde kullanımı kafein için doping sayılmaktadır. Bununla ilgili olarak idrarda kafeinin bulunması gereken sınırın 12 mcg/ mL düzeyinde olması Uluslararası Olimpiyat Komitesi (IOC) tarafından belirlenmiştir (Goldstein et al., 2010: 7-5). Tüm bu olumlu etkilerin yanı sıra kafein tüketimi bireysel ve doz miktarına bağlı olarak bazı olumsuz etkileri de beraberinde getirmektedir. Özellikle fazla dozda alınan kafein bazı sporcularda kalp dolaşım sağlığı üzerinde istenmeyen sonuçlar ortaya çıkarabilir. Bu sonuçların başında ise yüksek nabız, kalp atım hızında artış, kaygı ve çarpıntılar gelmektedir (Pickering & Kiely, 2019). Ortaya çıkan bu etkiler yüksek tansiyon riski veya duyarlılığı olan kişilerde daha da ön plana çıkmaktadır. Dünya Anti Doping Ajansı (WADA) 2005 yılı içerisinde listesinde takibe aldığı kafeinin çok fazla dozajlarda tüketildiğinde kalp atım hızında artma, kaygı(anksiyete) ve vücutta titremeye

yol açtığı vurgulanmaktadır (Thomas et al., 2016; 501- 528). Nitekim yüksek dozlarda alınan kafeinin kardiyovasküler sistem üzerinde yol açtığı komplikasyonları WADA'nın belirttiği etkilerle benzerlik gösterdiği söylenebilir. Bunun yanı sıra kafein alımı uyku mekanizmasını negatif yönde etkileyebilir. Bu durum da kas yapımı ve kas dokusunun hacimce büyümesi olan hipertrofi süreci bakımından çok önemli olan uyku niteliğini olumsuz yönde etkileyerek indirekt yoldan egzersiz performansını düşürebilir (Clark & Lane, 2022). Bununla beraber kafein alımı dehidrasyonla (sıvı kaybıyla) birlikte vücutta bazı olumsuzluklara yol açmaktadır. Sindirim sistemi (mide-bağırsak) problemleri, kas kasılma mekanizmasında aksama (kramp), susuz kalma durumlarına yol açabilir ve bu durum ise egzersiz sırasında konfor alanını negatif yönde etkileyebilmektedir (Guest et al., 2021).

Bu bağlamda çalışmada vücut geliştirme ve fitness alanında kafein kullanımına ilişkin; antrenörlerin görüşleri ele alınacaktır. Vücut geliştirme ve fitness antrenörlerinin, kafeinin spor performansı üzerindeki etkilerine dair bilgi düzeyleri ve deneyimleri yeterince bilinmemekle beraber, kafein kullanımına yönelik antrenörlerin tutum ve yaklaşımları, sporcuların/üyelerin kullanım alışkanlıklarını etkileyebilmektedir. Alanyazın incelendiğinde bu konu ve kapsamda herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Başka bir ifadeyle antrenörlerin, kafein kullanımının olası yan etkileri ve kötüye kullanımı konusundaki görüşlerini inceleyen herhangi bir çalışmanın yürütüldüğü gözlemlenmemiştir. Bu bağlamda çalışmada kafeinin performans artırıcı olarak kullanımı konusunda antrenörlerin rolü, yönlendirme biçimleri ve etik sınırlarının çeşitlilik göstereceği düşünülmektedir. Dolayısıyla bu çalışmada vücut geliştirme ve fitness alanı ile ilgilenen sporcu/üyelerin kafein kullanımına ilişkin antrenör görüşlerinin incelenmesi amaçlanmaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmanın yürütülmesi hususunda, Amasya Üniversitesi Sosyal Bilimler Etik Kurulu tarafınca 108.01-287952 sayılı etik kurul kararı ile onay alınmıştır.

Araştırmanın Modeli

Bu araştırma nitel araştırma yöntemleri kapsamında yürütülmüştür. Çalışma nitel araştırma desenleri kapsamında yer alan fenomenoloji desenidir. Fenomenoloji, bilinen ama derinlemesine anlaşılmamış olayları araştırmak için kullanılan bir yaklaşımdır (Karagöl ve Yıldırım, 2025).

Evren ve Örneklem

Bu çalışmanın evrenini vücut geliştirme ve fitness alanında aktif olarak çalışan antrenörler oluşturmaktadır. Örneklem grubu ise bu alanda görev yapan 6 antrenör kapsamındadır. Çalışmada örneklem grubu amaçlı örneklem kapsamında yer alan ölçüt örneklem kapsamında belirlenmiştir. Amaçlı örneklem, araştırmacının belirli bir amaca veya kritere göre, çalışmaya en uygun katılımcıları seçtiği örneklem türüdür (Yıldırım & Şimşek, 2021) Çalışmanın ölçütü ise antrenörlerin yalnızca fitness ve vücut geliştirme alanında aktif olarak görev yapıyor olması koşuludur.

Veri Toplama Aracı

Veri toplama sürecinde görüşme yaklaşımı kullanılmıştır. Bu süreçte araştırmacılar tarafından oluşturulan yarı yapılandırılmış (8 soru) formlarla antrenörlerle yüz yüze görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar tarafından hazırlanan sorulara ilişkin bilgilere aşağıda yer verilmiştir.

1. Kafeini bir performans artırıcı olarak nasıl değerlendiriyorsunuz?
2. Sporculara/üyelerinize önerdiğiniz kafeinin dozaj, zamanlama, tüketim formu ve kaynakları nelerdir?

3. Türk kahvesi ve pre-workout arasındaki tercihinizi hangi faktör belirler? Sporcularınız/üyelerinize kafein önerdiğinizde kullanım konusunda duyduğunuz en ilginç olumlu veya olumsuz yanıt neydi?
4. Kadın-erkek sporcularınıza/üyelerinize kafein önerirken nelere dikkat ediyorsunuz?
5. Sponsor olduğunuz bir kafein markasını bilimsel verilerle çelişse bile önerir misiniz?
6. Sporcularınız/üyelerinize kafein önerdiğinizde bu durum onlar üzerinde herhangi bir bağımlılık oluşturdu mu? Bağımlılığa yol açtı mı?
7. Gelecekte kafein kullanımı yasaklasaydı sporcularınızı/üyelerinizi nasıl motive ederdiniz?
8. Kafein konusunda herhangi bir bilimsel çalışma okudunuz mu? Günümüzde yapılan güncel çalışmalarda kafein kullanımı konusu bilimsel çalışma ile çelişse bile sporcularınıza/üyelerinize önerir misiniz?

Verilerin Toplanması ve Analizi

Çalışma nitel araştırma yöntemleri veri toplama araçları kapsamında yer alan görüşme yaklaşımıyla yürütülmüştür. Antrenörlerle görüşme sürecinde veri kaybına sebebiyet vermemek için ses kayıtları alınmıştır. Alınan ses kayıtlarının yazıya dökümü gerçekleştirilmiştir. Yazıya aktarımı sağlanan veriler Nvivo programında betimsel analiz yöntemi ile çözümlenmiştir. Kodlar oluşturulmuş ve uygun temalara atanmıştır.

BULGULAR

Aşağıda belirtilen tabloda nitel veri analiz sonuçlarına ilişkin bilgiler sunulmuştur.

Tablo 2: Antrenörlere ilişkin demografik bilgiler

	Yaş	Cinsiyet	Gelir Düzeyi	KıdemYılı	Eğitim Durumu	Ant. Kad.
K1	31	Erkek	Orta	8	Lise	2
K2	27	Kadın	Orta	2	YL	3
K3	33	Erkek	Orta	3	Doktora	3
K4	30	Erkek	Orta	10	Lisans	2
K5	47	Erkek	Orta	15	Lisans	2
K6	24	Kadın	Orta	5	Lisans	2

Ant. Kad: Antrenör Kademesi YL: Yüksek Lisans

Tablo 2'de antrenörlerin kişisel bilgileri yer almaktadır. Çalışmaya 2 kadın 4 erkek olmak üzere toplam 6 antrenör katılmıştır. Orta gelir durumuna sahip antrenörlerin yaş aralığı 24 ila 47 yıl, kıdem yılı ise 2 ila 15 yıl arasında değişkenlik göstermektedir. İlaveten çoğunlukla lisans düzeyinde eğitim durumuna sahip antrenörlerin antrenörlük kademesi 2. Kademe şeklindedir.

Tablo 3: Antrenörlerin kafeini performans artırıcı bir unsur olarak değerlendirmelerine ilişkin görüşleri

Name	Node Type	Name	Coded Words	Coded Text
Etki	Node	Antrenörler	43	Uyarıcıları açma Yüksek enerji verme Zinde olma Yorgunluğu azaltma Kısa dönemli performans artışı Belli aralıkta kullanıldığında etkili Vücut alıştıkça etkisinde azalma olma Reflü Anksiyete Kas krampları Kalp ritmini hızlandırma Uyku düzenini bozma Eklemlerde zayıflama Kalp ritim bozukluğu (aritmi) endişesi

				Yüksek tansiyon Baş ağrısı
Reports				

Tablo 3'te, antrenörlerin kafeini performans artırıcı bir unsur olarak değerlendirmelerine ilişkin görüşleri yer almaktadır. Elde edilen verilerin analizi sonucunda antrenörler; uyarıcı etkisi, zinde olma, yorgunlukta azalma, kısa dönemli performans artışı şeklinde olumlu yönlerini belirtirken; kas krampları, anksiyete, ritim bozukluğu, eklemlerde zayıflama, yüksek tansiyon ve baş ağrısı şeklinde olumsuz etkilerinin olduğu şeklinde görüşlerini ifade etmektedirler.

Tablo 4: Antrenörlerin Sporculara ve Üyelere Önerdiği Kafein Dozajı

Name	Node Type	Name	Coded Words	Coded Text
Dozaj	Node	Antrenörler	36	Türk kahvesi 1 fincan Filtre kahve 1 kupa bardak (200 ml) Orta boy 1 kupa bardak Kahve çeşidine bağlı değişebilir Kg başına 5-6 mg tablet versiyon Filtre kahve (300-400 ml) 5-10 mg civarı 2 kupa bardak
Reports				

Tablo 4'te, antrenörlerin sporculara ve üyelere önerdiği kafein dozajına ilişkin görüşleri yer almaktadır. Elde edilen verilerin analizi sonucunda antrenörlerin 1 fincan Türk kahvesi ve 200–400 ml aralığında filtre kahve tüketimini uygun gördükleri; ayrıca bazı antrenörlerin kilogram başına 5–6 mg olacak şekilde tablet formunda kafein önerdikleri belirlenmiştir. Bunun ilaveten dozajın kahve çeşidine göre değişebileceği ve ortalama 5–10 mg düzeyinde kafein alımının yeterli olduğunu ifade ettikleri sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 5: Antrenörlerin Sporculara ve Üyelere Önerdiği Kafein Kullanım Zamanlaması

Name	Node Type	Name	Coded Words	Coded Text
Zamanlama	Node	Antrenörler	20	Anrenmandan 30 dk önce Antrenmandan 30-45 dk önce Antrenmandan 1-1.5 saat önce Öğleden sonra Sabah saatlerinde Sedanter için aç karnına
Reports				

Tablo 5'te, antrenörlerin sporculara önerdiği kafein kullanım zamanlamasına ilişkin görüşleri yer almaktadır. Analiz sonucunda antrenörlerin çoğunlukla antrenmandan 30–45 dakika önce kafein tüketimini önerdikleri, bazı antrenörlerin ise 1–1.5 saat önce kullanımın uygun olabileceğini belirttikleri görülmüştür. Ayrıca bazı antrenörler, sabah veya öğleden sonra kullanımın uygun olabileceğini; sedanter bireyler için ise kafeinin aç karnına tüketilmesini gerektiğini belirtmiştir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Tablo 6: Antrenörlerin Sporculara ve Üyelere Önerdiği Kafein Tüketim Formları ve Kaynakları

Name	Node Type	Name	Coded Words	Coded Text
Tüketim Formu ve Kaynaklar	Node	Antrenörler	24	Tüketim formu tercihe bağlı Tüketim formu sindirebilme durumuna bağlı Sıvı şeklinde Kaynakların hepsi olabilir Türk kahvesi, filtre kahve Öğütülmüş kahve Çekirdek Toz Kuru kafein
Reports				

Tablo 6'da, antrenörlerin sporculara önerdiği kafein tüketim formuna ilişkin görüşleri yer almaktadır. Elde edilen verilerin analizi sonucunda antrenörlerin çoğunlukla kafeinin sıvı formda tüketilmesini önerdikleri; özellikle kaynak olarak Türk kahvesi ve filtre kahvenin öne çıktığı belirlenmiştir. Buna ilaveten tüketim formunun bireyin tercihi ve sindirim durumuna göre değişebileceğini, ayrıca öğütülmüş kahve, çekirdek kahve, toz kafein ve kuru kafein gibi farklı kaynakların da kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Tablo 7: Antrenörlerin Türk kahvesi ve pre-workout tercihlerini belirleyen faktörlere ilişkin görüşleri

Name	Node Type	Name	Coded Words	Coded Text
Tercih	Node	Antrenörler	19	Pre-workout tercih ederim Pre-workout kafein oranı daha yüksek Pre-workout antrenman öncesi daha verimli Enerji vermesi açısından Pre-workout Her ikisi
Reports				

Tablo 7'de, antrenörlerin Türk kahvesi ve pre-workout tercihlerini belirleyen faktörlere ilişkin görüşleri yer almaktadır. Elde edilen verilerin analizi sonucunda antrenörlerin kafein oranının yüksek olması, enerji vermesi ve antrenman öncesi daha verimli olmasından kaynaklı olarak çoğunlukla pre-workout kullanımını tercih ettikleri sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 8: Antrenörlerin kadın ve erkek sporculara kafein önerirken dikkate aldıkları unsurlara ilişkin görüşleri

Name	Node Type	Name	Coded Words	Coded Text
Öneri Kriterleri	Node	Antrenörler	19	Kalp, böbrek sağlığı Fiziksel özellikler Beslenme Su tüketimi Tahlil Yaş, Cinsiyet Panik atak durumu Kafein hassasiyeti Zamanlama Günlük doz
Reports				

Tablo 8'de antrenörlerin kadın ve erkek sporculara kafein önerirken dikkate aldıkları unsurlara ilişkin görüşleri yer almaktadır. Elde edilen verilerin analizi sonucunda antrenörlerin, kafein önerilerini planlarken sporcuların sağlık durumu (kalp ve böbrek sağlığı, panik atak durumu), fiziksel özellikleri, beslenme ve su tüketimi, tahlil sonuçları, yaş, cinsiyet, kafein hassasiyeti, kullanım zamanı ve günlük doz gibi bireysel faktörleri dikkate aldıkları sonucuna ulaşılmıştır.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Tablo 9: Antrenörlerin sponsor oldukları kafein markasını bilimsel çelişkilere rağmen önerme durumuna ilişkin görüşleri

Name	Node Type	Name	Coded Words	Coded Text
Bilimsel Veriler	Node	Antrenörler	24	Kendim denerim Etkilerini söylerim Tercihi üyelere bırakırım Araştırma yapmam lazım Dozaj miktarına göre öneririm Bilimle çelişirse önermem Önermem Sağlık önceliğimdir Yan etkileri varsa önermem
Reports				

Tablo 9'da antrenörlerin sponsor oldukları kafein markasını bilimsel çelişkilere rağmen önerme durumuna ilişkin görüşleri yer almaktadır. Elde edilen verilerin analizi sonucunda, antrenörlerin çoğunluğu (dört antrenör) insan sağlığını öncelikli gördüklerini ve ürünü önermeyeceklerini belirtmiştir. Antrenörlerden biri, öncelikle kendisi denedikten sonra tercihi üyelere bırakacağını ifade etmiş; bir diğeri ise ticari nedenlerle ürünü önerebileceğini belirtmiştir.

Tablo 10: Antrenörlerin sporcularına veya üyelerine kafein önerme durumunun bağımlılık oluşturup oluşturmadığına ilişkin görüşleri

Name	Node Type	Name	Coded Words	Coded Text
Bağımlılık	Node	Antrenörler	17	Fazla tüketme isteği Kahve içmeden antrenman yapamama Kaslara iyi gelme Kafein olmadan uyanamama Antrenmanın verimsiz geçeceği inancı
Reports				

Tablo 10'da antrenörlerin sporcularına veya üyelerine kafein önerme durumunun bağımlılık oluşturup oluşturmadığına ilişkin görüşleri yer almaktadır. Elde edilen verilerin analizi sonucunda antrenörler kafein kullanımının bazı sporcularda bağımlılık potansiyeli taşıyabileceğini belirtmişlerdir. Örneğin bunlar arasında fazla tüketme isteği, kahve veya kafein olmadan antrenman yapamama, kafein olmadan uyanamama ve antrenmanın verimsiz geçeceği inancı yer almaktadır.

Tablo 11: Antrenörlerin kafeinin yasaklanması durumunda sporcuları/üyeleri motive etme yöntemleri

Name	Node Type	Name	Coded Words	Coded Text
Motive	Node	Antrenörler	13	Açıklama yapardım Plasebo üzerinden ilerlerdim Beta-alanin kullanımı Doğal gıda Bitkiler Pre-workout vb. ürünler
Reports				

Tablo 11'de antrenörlerin kafeinin yasaklanması durumunda sporcuları/üyeleri motive etme yöntemlerine ilişkin görüşleri yer almaktadır. Elde edilen verilerin analizi sonucunda antrenörler; plasebo etkisi veya beta-alanin, doğal gıda, bitkiler ve pre-workout gibi alternatif ürünleri kullanarak motivasyonu destekleyeceği şeklinde görüş belirtmişlerdir.

Tablo 12: Antrenörlerin kafeinle ilgili bilimsel çalışmalar okuma durumlarına ilişkin görüşleri

Name	Node Type	Name	Coded Words	Coded Text
Bilimsel Okuryazarlık	Node	Antrenörler	14	Bilimsel çalışma okudum Sosyal medya Makale Çalışmaları okurum Bilimsel çalışmanın içeriği önemli Hiç Okumadım
Reports				

Tablo 12'de antrenörlerin kafeinle ilgili bilimsel çalışmalar okuma durumlarına ilişkin görüşleri yer almaktadır. Elde edilen verilerin analizi sonucunda antrenörlerin çoğunluğu (4 antrenör) bilimsel çalışma okuduklarını, bunun yanında sosyal medyadan yararlandıklarını ve okudukları bilimsel çalışmanın içeriğinin önemli olduğunu (1 antrenör) belirtirken; 2 antrenör ise herhangi bir çalışma okumadığı şeklinde görüş belirtmektedirler.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışma, vücut geliştirme ve fitness alanında görev yapan antrenörlerin kafein kullanımına ilişkin görüşlerinin incelenmesi amacıyla yürütülmüştür. Elde edilen verilerin analizi neticesinde aşağıda çalışma sonuçlarına ilişkin bilgilere yer verilmiştir.

Araştırmada antrenörler, kafeinin zinde olma, yorgunlukta azalma, spor performansını kısa vadede artırıcı olumlu etkileri olduğunu belirtirken, aynı zamanda kas krampları, anksiyete, ritim bozukluğu, eklemlerde zayıflama, yüksek tansiyon ve baş ağrısı şeklinde çeşitli sağlık riskleri ve yan etkilerinin olabileceği görüşünde oldukları tespit edilmiştir. Nitekim bu bulgular kafeinin hem olumlu hem de olumsuz etkilerini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda antrenörlerin, kafein kullanımını sporcuların duyarlılık ve bireysel özelliklerine göre planlamaları önem arz etmektedir. Aksi takdirde bilinçsiz kullanma durumunda sağlık açısından riskler ortaya çıkabilir ve performans olumsuz etkilenebilir. Alan yazın incelendiğinde Grgic ve ark. (2018) tarafından yürütülen meta-analiz çalışmasında, kafein alımının üst eksremite kısmında maksimum kuvvet ve kas gücü üzerinde belirgin şekilde ergojenik etki gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Benzer şekilde Guest ve ark. (2021) yürüttükleri araştırmada, kafeinin birçok spor türünde; özellikle kısa süreli yüksek yoğunluklu efor ve kuvvet/güç gerektiren ve dayanıklılık içeren egzersizlerde performansı artırdığı belirtilmiştir. Bu araştırmalar çalışma sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir. Öte yandan Hamad (2024) çalışmasında ise; kafeinin duyarlı bireylerde ya da yüksek dozda aritmi (ritim bozukluğu) riski ile ilişkilendirebildiğini ancak kanıtların tutarsız olduğuna dikkat çekmiştir.

Araştırmada antrenörlerin kafein dozajıyla ilgili olarak 1 fincan Türk kahvesi ve 200–400 ml aralığında filtre kahve tüketimi, kg başına 5-6 mg tablet, kahve çeşidine göre değişmesi ve ortalama 5-10 mg kafein alımının yeterli olacağı sonucuna ulaşılmıştır. Antrenörlerin ezgersize bağlı olarak dozaj miktarını kahve çeşidine göre farklı dozaj miktarlarında önerdikleri görülmektedir. Kafein dozaj miktarının kahve çeşidine göre değişmesinden çok, spor için asıl önem taşıyan; kafeinin kişiye en yüksek verimi sağlayacak zamanda, yan etkilerinden kaçınılarak ve emilim hızının yapılacak egzersize tam olarak entegre edilebileceği şekilde alınmasıdır.

Ayrıca alınan dozaj miktarı konusunda kişide oluşan herhangi bir olumsuzluk durumunda sporcuların takibi yapılarak gerekirse miktarı değiştirilmesi, kesilmesi veya kullanılmaması sağlık açısından da önemli olduğu unutulmamalıdır. Alanyazında yapılan araştırmalar incelendiğinde Ding ve ark. (2025) yürütmüş olduğu çalışmada, 4 mg/kg dozunda kafein içeren çiğneme sakızlarının kapsül formundaki alımına benzeyen şekilde maksimal kuvvet ve kas gücünü artırdığı sonucuna ulaşmıştır. Benzer şekilde Bilondi ve ark. (2024) yapmış oldukları

meta-analiz çalışmasında, kafein takviyesinin genel olarak kas dayanıklılığı ve kas kuvvetini artırdığını, performansındaki etkinin doz ve göreve bağlı olarak değişkenlik gösterdiğini rapor etmiştir. Bu çalışmalar araştırma sonucunu destekler niteliktedir. Öte yandan Uluslararası Spor ve Beslenme Derneği (2020), yayınladığı pozisyon bildirisinde, 3-6 mg/kg alınan kafein dozlarının egzersiz performansını artırdığını ancak >9 mg/kg gibi çok yüksek düzeydeki dozların ise yan etki ile ilişkili olduğu ve bu yan etkiyi artırdığını belirtmiştir. Yürütülen bu çalışma ise genel olarak çalışmayı desteklemekte ancak bazı antrenörlerin vücut kütlesi başına önerdikleri dozaj miktarının farklılık göstermesi yönüyle ayrılmaktadır.

Araştırmada antrenörlerin kafeinin; antrenmandan 30-45 dk önce ve 1-1.5 saat önce, sabah veya öğleden sonra, sedanterler içinse aç karnına kullanımının zamanlama yönünden etkili olabileceğini belirttikleri tespit edilmiştir. Nitekim bu bulgular antrenörlerin deneyiminden hareketle yola çıkarak egzersizde kafein kullanımının en etkili olabileceği zaman aralığını düşündüklerinden kaynaklanı olabilir. Dolayısıyla bu zaman kapsamına dikkat etmenin yanı sıra antrenmandan önce planlama yapılırken bireysel özellikler de düşünülerek açlık durumu da göz önünde bulundurulmalıdır. Bu bağlamda kafein alındıktan sonra emilimi ve yararlanımı bireysel farkılılıklara göre değişmektedir. Literatürde Harty ve ark. (2020) yapmış oldukları çalışmada, uygulama zamanlaması bakımından egzersizden 60 dk önce alınan kafeinin alt eksremitenin güç üretmesini ve performans fazla artırdığı sonucuna varmıştır. Grgic (2021) yürüttüğü çalışmasında, kapsül olarak alınan kafeinin genel olarak zamanlamasının egzersiz öncesi 30-60 dakika olduğu, fakat hızlı emilim gösteren kafein sakızı, jel gibi formlar içinse bu sürenin daha da kısa olabileceği sonucuna varmıştır.

Araştırmada antrenörlerin kafeinin kullanım formunun sıvı şeklinde, tercihe bağlı ve sindirilebilme durumuna göre değişebileceğini belirtirken aynı zamanda kafein kaynaklarının ise Türk kahvesi, filtre kahve, öğütülmüş kahve, çekirdek kahve, toz kahve ve kuru kafein şeklinde tüketilebileceği görüşünde oldukları tespit edilmiştir. Nitekim bu bulgular kafein formu ve tüketim kaynaklarının genel anlamda kullanım şeklini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda bireysel farklılıklara göre emilimin de değişebileceği düşünülerek tüketilmesine dikkat edilmelidir. Yapılan egzersize bağlı olarak istenilen verimin sağlanması yönünden farklı form ve kaynaklarda kullanılması önem taşımaktadır. Alanyazın incelendiğinde Church ve ark. (2015) yapmış oldukları çalışmada, akut Türk kahvesi alımının 30 dakika içerisinde plazma kafein konsantrasyonunda önemli şekilde artış sağladığı sonucuna ulaşmıştır. Benzer şekilde Wu ve ark. (2024) yürüttükleri meta-analiz çalışmasında, akut olarak alınan kafein kapsülünün erkeklerde alt ve üst vücuttaki kas gücünü ve dayanıklılığını anlamlı şekilde artırdığı sonucuna varmıştır.

Çalışmada antrenörlerin çoğunlukla kafein oranının yüksek olması, enerji vermesi ve antrenman öncesi daha verimli olmasından kaynaklı olarak pre-workout kullanımını tercih ettikleri sonucuna ulaşılmıştır. Bu bulgular pre-workoutun olumlu etkilerinden ve içeriğinin zengin olmasından kaynaklı tercih edilme nedenlerini açıkça ortaya koymaktadır. Dolayısıyla antrenörlerin pre-workout ile ilgili olarak sporculara veya üyelere önerilerde bulunurken en çok verim alacağı şekilde kullanım zaman aralığı ve dozaj miktarını iyi planlaması, aynı zamanda bu süreçte de bireysel özelliklere de dikkat etmesi önem taşımaktadır. Literatür incelendiğinde Harty ve ark. (2018) yaptığı çalışmasında, çoklu bileşen içeren prew-workoutun konsantasyonu (odaklanma) artırdığı, kısa süreli yüksek yoğunluklu egzersiz performanında gelişme sağladığını ve antrenman esnasında algılanan zorluk derecesini azalttığını raporlamıştır. Diğer taraftan Kaczka ve ark. (2020) yürütmüş olduğu bir çalışmada pre-workout takviyesi kullanımının direnç antrenmanı yapan erkeklerde vücut üst/alt gücünü anlamlı bir artış olduğu sonucuna ulaşmıştır. Bu durumlar çalışma sonuçlarıyla benzerlik taşımaktadır. Öte yandan Jonge ve ark. (2023) yapmış oldukları çalışma sonucunda, synepherine içeren pre-workout takviyelerinin kullanımı göğüste ağrı, kalp çarpıntısı, bayılma, yüksek tansiyon, aritmi,

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

taşikardi ve kalp krizi (miyokard enfarktüsü) gibi kardiyovasküler yan etkilere yol açtığını vurgulamışlardır. Ek olarak Pallangyo ve ark. (2024) yapmış olduğu çalışmada, suyla karıştırılıp seyretilmeden doğrudan alınan pre-workoutun ardından, sağlıklı bir genç bireyde akut miyokard enfarktüsü geliştiğini saptamıştır.

Araştırmada antrenörlerin kadın ve erkek sporculara kafein önerilerini planlarken sporcuların sağlık durumu fiziksel özellikleri, beslenme ve su tüketimi, tahlil sonuçları, yaş, cinsiyet, kafein hassasiyeti, kullanım zamanı ve günlük doz gibi bireysel faktörleri dikkate aldıkları belirlenmiştir. Kafein önerisi kapsamında antrenörlerin başta sağlık ve ve fiziksel özellikler olmak üzere birçok konuda hassasiyetle yaklaşarak planlama yaptıkları açıkça görülmektedir. Kafein önerisinde bulunulurken bir sağlık uzmanından (diyetisyen vb.) destek alınması ve sonrasında bu süreçte durum takibi yapılması elzemdir. Bu yaklaşım, olası yan etkilerin veya herhangi bir olumsuz durumun önüne geçmek ve gerekirse kafein alımını durdurmak açısından kritik öneme sahiptir. Alanyazın incelendiğinde Mielgo-Ayuso ve ark. (2019) yapmış oldukları çalışmada, antrenör ve spor beslenme uzmanlarının kafein önermeden önce kadın sporcularda olası hormonal etkileşimler ve menstrüal döngü fazı durumlarına dikkat edilmesi hususunun önem taşıdığı sonucuna ulaşmıştır. Diğer taraftan Guest ve ark. (2021) yürütmüş oldukları çalışmada ise antrenör ve spor beslenme uzmanlarının kafein önerilerinde bulunurken; bireysel faktörler, cinsiyet, vücut ağırlığı, performans hedefleri, kafein toleransı gibi unsurları göz önünde bulundurmaları yönünde vurgu yapmıştır. Yapılan bu araştırmalar çalışma sonucu ile benzerlik göstermektedir.

Araştırmada antrenörlerin çoğunluğunun, sponsor oldukları kafein markasını bilimsel verilerle çelişmesi durumunda üyelere ve sporculara önermeyecekleri sonucuna varılmıştır. Antrenörlerin kafein önerisi yaparken bilim temelli bir yaklaşım gösterdikleri açıkça görülmektedir. Bu bağlamda antrenörlerin yaklaşımları; insan sağlığına, etik ilkelere ve ahlaki değere verdikleri önemden kaynaklandığı söylenebilir. Bu kapsamda sporcu ve üyelerin; kafein kullanım önerisi yolunda antrenörlere olan rol-model, güven ve etik sorumluluk inancıyla hareket ettiklerinin yüksek olabileceğinden, antrenörlerin güncel bilimsel çalışmaları takip etmelerinin ve kendilerini geliştirmelerinin önemini açıkça ortaya koymaktadır.

Dixon (2018) yürütmüş olduğu çalışmada spor sponsorluğunda olan sağlıksız içecek/gıda markalarının genç yetişkin bireylerde marka farkındalık yönünü, markaya yönelik olumlu yaklaşımları artırdığı ve sponsorluk temaslarının katılım sağlayanların ürün tercih etme durumlarına yansıdığı sonucuna varmıştır. Maughan ve ark. (2018) yürütmüş oldukları araştırmada; sporcularda takviye kullanımı konusunun sadece bilimsel kanıtlara dayandırılarak, kafein önerileri için de antrenör, sağlık uzmanı ve diyetisyen tarafından açık bir şekilde yapılması gerektiğini belirtmiştir. Benzer şekilde Maughan ve ark. (2018) çalışmasında; sporcu grubunun ve destek sağlayan ekiplerinin (antrenör, doktor, diyetisyen, sağlık uzmanı vb.) güvenilirlikleri kanıt değerine ulaşmamış ve bilimsel kanıt durumu düşük olan takviye kullanmalarının sağlık ve performans yönünden olumsuz sonuçlara yol açabileceğini saptamıştır. Öte yandan Finamore ve ark. (2022) yapmış oldukları çalışmada, fitness salonuna gelen üyelerin ve sporcuların takviye kullanım açısından en etkili bilgi kaynağının antrenör ve salonda görevli personel olduğu, buna istinaden bilimsel kaynaklardan bilgi sağlama oranının az olduğunu belirlemiştir.

Araştırmada antrenörler tarafından; kafein kullanımının bazı sporcularda bağımlılık potansiyeli taşıyabileceğini ve bunun fazla tüketme isteği, kafein olmadan antrenman yapamama, kafein olmadan uyanamama ile antrenmanın verimsiz geçeceği inancı gibi davranışlarla kendini gösterebileceği belirlenmiştir. Antrenörlere sağlanan dönütlerin birçoğunda sporcuların kafeini bir ritüel haline getirip antrenman ile psikolojik biçimde özdeşleştirerek kullandıkları söylenebilir. Kafeinin doğru kullanım zamanı ve amacı baz alınarak antrenörler tarafından gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. İlaveten sporcuların ise bu doğrultuda hareket

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

etmelerinin sağlanması başta sağlık ve psikolojik olmak üzere birçok konuda bilgilendirilmesi önem taşımaktadır. Alanyazın incelendiğinde Kreutzer ve ark. (2022) yapmış oldukları çalışmada, dayanıklılık sporcularının %85'inin alışılmış şekilde kafein tüketimi bildirdiği, katılımcıların kafein kullanımını performans artırıcı beklenti oluşmasıyla bağdaştırdığı sonucuna ulaşmıştır. Diaz-Lara ve ark. (2024) yürütmüş olduğu çalışmada ise sporcularda kafein kullanımı konusunun yaygın olduğunu; bunun kafein beklentileri bağlantılı olduğu ve bazı sporcularda ise "kafeinsiz antrenman yapamama/ antrenmanda performans düşer" inancının yaygınlık gösterdiği sonucuna varmıştır. Ek olarak Khas (2025) yürüttüğü çalışmada, sporcularda uzun dönem görülen yüksek kafein kullanımının depresif benzeri belirtiler ile bağlantılı olabileceğini belirlemiştir.

Çalışmada kafeinin yasaklanması durumunda antrenörlerin; plasebo veya beta-alanin, doğal gıda, bitkiler ve pre-workout gibi alternatif ürünleri kullanarak sporcuların veya üyelerin motivasyonunu destekleyeceği sonucuna ulaşılmıştır. Antrenörlerin kafein yasaklansa bile sporcularını farklı yollarla ve çeşitli doğal takviyeler önererek yönlendirebilecekleri görülmektedir. Bu bağlamda antrenörlerin kafeine bağlı kalmadıkları, antrenman veya egzersiz için alternatif başkaca çözüm yolları uygulayabileceklerini açıkça göstermektedir. Ayrıca kafeinin antrenman veya egzersizler için tek başına kullanımından ziyade yerine kullanılabilecek benzer birçok doğal ürünün bulunduğunu ortaya koymaktadır. Alanyazında Fernández-Lázaro ve ark. (2023) yürütmüş oldukları sistematik derleme çalışmasında, β-alanin takviyesinin 4–6 g/gün doz civarında ve en az 4 hafta süre zarfında kullanıldığında 60-240 sn.(1-4 dk) arasında yoğun egzersiz performanslarında belirgin şekilde kazanımlar elde edildiğini vurgulamıştır. Benzer şekilde Alsharif ve ark. (2023) ise yapmış oldukları meta-analiz derlemesinde diyetik olarak alınan nitrat takviyesinin bazı kısa süreli yüksek yoğunluk içeren performans sonuçları üzerinde küçük ama anlamlı iyileşmelere katkı sağladığını raporlamıştır. Chhabra ve Szabo (2024) placebo (olumlu beklenti) ve nocebo (negatif beklenti) müdahalelerinin spor ve egzersiz performansını etkileyebilmekte olduğunu, placebonun bazı koşullar altında performansta iyileşme sağladığını ve nocebonun ise performansı zayıflatabildiğini yaptıkları çalışmasında gözlemlemiştir.

Araştırmada antrenörlerin çoğunluğunun bilimsel çalışma okudukları, bunun yanında sosyal medyadan yararlandıklarını aynı zamanda okudukları bilimsel çalışmanın içeriğinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Antrenörlerin bilimsel çalışmalara önem vermelerinin yanı sıra sosyal medyadan destekle kafein konusunda bilgi edindikleri görülmektedir. Kafein kapsamında antrenörlerin bilimin ışığında eğitim, kurs veya seminerlerle birlikte kendilerini daha çok geliştirmeleri önem taşımaktadır. Bu bağlamda, diyetisyen, sağlık uzmanı veya doktor gibi uzman kişilerle çalışmak, sporcuların başta sağlıkları olmak üzere birçok yönden oluşabilecek risklerin önüne geçilmesi açısından elzemdir. Aksi takdirde, bilinçsizce kafein kullanımının önerilmesi, sporcular üzerinde kaçınılmaz olarak bir takım olumsuz sonuçları beraberinde getirecektir. Alanyazın incelendiğinde Guest ve ark. (2021) tarafından yapılan çalışmada, kafeinin egzersiz performansını destekleyen güçlü bilimsel kanıtlarının bulunduğu ve bu kanıtların antrenörler ile uygulayıcılar tarafından takip edilebileceği belirtilmiştir. Denniss ve ark. (2024) yürütmüş oldukları araştırmada, sosyal medyanın takviye-beslenme konusunda yaygın biçimde kullanıldığını ancak içerik kalite yönünün sıklıkla düşük olduğunu, bu durumun da antrenörlerin bilimsel alana başvurma ihtiyacını ve sosyal medyayı da etkileşim ve iletişim aracı yönüyle kullanma yakınlığını beraberinde getirdiğini sonucuna varılmıştır. Kiss ve ark. (2025) YouTube'daki popüler olan spor/beslenme videolarının iletişim özelliklerini incelediği çalışmasında ise bu videolara başta antrenörler olmak üzere sporcular ve genel izleyici kitlesinin kolaylıkla erişim sağladığı ve bu içeriği benimsediği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, antrenör ve araştırmacıların sosyal medyayı eğitim/öğretim amaçlı aktif bir şekilde kullandığı da belirtilmiştir.

ÖNERİ

- Kafein konusunda antrenörlerin eğitim, kurs, seminer vb. gibi eğitimlere katılımları sağlanarak daha bilgili ve bilinçli hareket etmeleri sağlanmalıdır.
- Bilimin ışığından hareketle yola çıkarak güncel akademik kaynakların daha çok takibi ve özendirilmesi gerekmektedir.
- Sosyal medyadan edinilen bilgilerin kaynağının özenle araştırılması, bilimsel kaynağı olmayan içeriklere itibar edilmemesi gerekmektedir.
- Kafein içerikli bir ürün önerisinde bulunurken; sponsor olunan bir markanın ticari amaçlarından uzak, içeriğinin temiz, kaliteli ve fayda sağlayacak şekilde olduğuna dikkat edilerek etik sorumluluk bilincinde hareket edilmelidir.
- Egzersiz için önerilen kafeinin mutlaka zamanlama, dozaj, tüketim formu ve kaynaklarına dikkat edilerek maksimum verim alabilecek şekilde planlama yapılmalıdır.
- Kafein intoleransı olan veya gelişen sporcularda kafein yerine; çeşitli doğal takviyeler önerilirken dikkatli olunmalı ve kullanıcı bu konuda tekrar bilgilendirilmelidir.
- Kafein önerisi ve kullanımında oluşabilecek başta sağlık olmak üzere tüm olası risklerin önüne geçilebilmesi açısından diyetisyen, sağlık uzmanı, doktor vb. gibi uzmanlarla çalışılmasının önemli olduğu hatırlatılmalıdır.
- WADA (Dünya Dopinle Mücadele Ajansı) yasaklı maddeler listesine uygun ürünler incelenmeli, güncel olarak listeye eklenen ve doping sayılabilecek herhangi bir kafein, takviye vb. ürün kullanımı konusunda dikkatli olunmalı ve önerilmesinden kaçınılmalıdır.
- Uluslararası Spor Beslenme Derneği (ISSN)'nin Kafein ve Egzersiz Performansı kapsamında mevcut literatürdeki tüm kafein alımına ilişkin görüşleri ve değerlendirmeleri dikkate alınmalı ve takibi yapılmalıdır.

KAYNAKÇA

ACE. (2020). ACE Certified Personal Trainer Overview. PTPioneer. https://www.ptpioneer.com

Alsharif, N. S., Clifford, T., Alhebshi, A., Rowland, S. N., & Bailey, S. J. (2023). Effects of dietary nitrate supplementation on performance during single and repeated bouts of short-duration high-intensity exercise: A systematic review and meta-analysis. Antioxidants, 12(6), 1194. https://doi.org/10.3390/antiox12061194

Bilondi, H. T., Valipour, H., Khoshro, S., Jamilian, P., Ostadrahimi, A., & Zarezadeh, M. (2024). The effect of caffeine supplementation on muscular strength and endurance: A meta-analysis of meta-analyses. Heliyon, 10(15), e35025. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35025

Burke, L. M. (2008). Caffeine and sports performance. Appl Physiol Nutr Metab, 33(6), 1319–1334.

Chhabra, B., & Szabo, A. (2024). Placebo and nocebo effects on sports and exercise performance: A systematic literature review update. Nutrients, 16(13), 1975. https://doi.org/10.3390/nu16131975

Church, D. D., Hoffman, J. R., LaMonica, M. B., Riffe, J. J., Hoffman, M. W., Baker, K. M., Varanoske, A. N., Wells, A. J., Fukuda, D. H., & Stout, J. R. (2015). The effect of an acute ingestion of Turkish coffee on reaction time and time trial performance. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 12, 37. https://doi.org/10.1186/s12970-015-0098-3

Clark, I., & Lane, A. R. (2022). Effects of caffeine on sleep quality and implications for recovery in athletes: A narrative review. International Journal of Sports Physiology and Performance, 17(2), 240–246. https://doi.org/10.1123/ijspp.2021-0103

Cruz, R.S.D.O., De Aguıar, R.A., Turnes, T., Guglıelmo, L.G.A., Beneke, R., Caputo, F. (2015). Caffeine affects time to exhaustion and substrate oxidation during cycling at maximal lactate steady state. Nutrients, 7: 5254-5264.

Davis, J. K., & Green, J. M. (2009). Caffeine and anaerobic performance: Ergogenic value and mechanisms of action. Sports Medicine, 39(10), 813-832.

de Jonge, M. L. L., Kieviet, L. C., Sierts, M., Egberink, L. B., & van der Heyden, M. A. G. (2023). Review of case reports on adverse events related to pre-workout supplements containing synephrine. Cardiovascular Toxicology, 23(1), 1–9. https://doi.org/10.1007/s12012-022-09777-z

Denniss, E., Lindberg, R., Marchese, L. E., & McNaughton, S. A. (2024). #Fail: the quality and accuracy of nutrition-related information by influential Australian Instagram accounts. The international journal of behavioral nutrition and physical activity, 21(1), 16. https://doi.org/10.1186/s12966-024-01565-y

Díaz-Lara, J., Nieto-Acevedo, R., Abián-Vicén, J., & Del Coso, J. (2024). Can caffeine change the game? Effects of acute caffeine intake on specific performance in intermittent sports during competition: A systematic review and meta-analysis. International Journal of Sports Physiology and Performance, 19(11), 1180-1196.

Ding, L., Liu, J., Ma, Y., Lei, T.-H., Barnes, M., Guo, L., Chen, B., Cao, Y., & Girard, O. (2025). Effect of caffeinated chewing gum on maximal strength, muscular power, and muscle recruitment during bench press and back squat exercises in resistance-trained men. Nutrients, 17(15), Article 2455. https://doi.org/10.3390/nu17152455

Dixon, H., Scully, M., Wakefield, M., Kelly, B., Pettigrew, S., Chapman, K., & Niederdeppe, J. (2018). The impact of unhealthy food sponsorship vs. pro-health sponsorship models on young adults' food preferences: A randomised controlled trial. BMC Public Health, 18, 1399–1408. https://doi.org/10.1186/s12889-018-6298-4

Farley, J. B., Stein, J., Keogh, J. W. L., Woods, C. T., & Milne, N. (2020). The relationship between physical fitness qualities and sport-specific technical skills in female, team-based ball players: A systematic review. Sports Medicine - Open, 6(1), 18. https://doi.org/10.1186/s40798-020-00245-y

Fernández-Lázaro, D., Fiandor, E. M., García, J. F., Busto, N., Santamaría-Peláez, M., Gutiérrez-Abejón, E., Roche, E., & Mielgo-Ayuso, J. (2023). β-Alanine supplementation in combat sports: Evaluation of sports performance, perception, and anthropometric parameters and biochemical markers — a systematic review of clinical trials. Nutrients, 15(17), 3755. https://doi.org/10.3390/nu15173755

Finamore, A., Massimi, M., Ciarapica, D., & Mengheri, E. (2022). Sportsmen's attitude towards dietary supplements and nutrition knowledge among gym users. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(9), 5523. https://doi.org/10.3390/ijerph19095523

Glaister, M., Gissane, C., & Patterson, S. D. (2018). Caffeine and sprinting performance: Dose responses and efficacy. Journal of Strength and Conditioning Research, 32(1), 246-254.

Goldstein, E. R., Ziegenfuss, T., Kalman, D., Kreider, R., Campbell, B., Wilborn, C., Taylor, L., Willoughby, D., Stout, J., Graves, B. S., Wildman, R., Ivy, J. L., Spano, M., Smith, A. E., & Antonio, J. (2010). International society of sports nutrition position stand: caffeine and performance. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 7(1), 5. https://doi.org/10.1186/1550-2783-7-5

Graham, T., (2001). Caffeine and Exercise: Metabolism, Endurance and Performance. Sports Medicine, 31(11), 785-807

Grgic, J. (2021). Effects of caffeine on resistance exercise: A review of recent research. Sports Medicine. https://doi.org/10.1007/s40279-021-01521-x

Grgic, J., & Pickering, C. (2019). The effects of caffeine ingestion on isokinetic muscular strength: A meta-analysis. Journal of Science and Medicine in Sport, 22(3), 353–360. https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.08.017

Grgic, J., Pickering, C., Bishop, D. J., & Schoenfeld, B. J. (2020). The influence of caffeine supplementation on resistance exercise: A review. Sports Medicine, 50(8), 1493–1508. https://doi.org/10.1007/s40279-020-01219-z

Grgic, J., Trexler, E. T., Lazinica, B., & Pedisic, Z. (2018). Effects of caffeine intake on muscle strength and power: a systematic review and meta-analysis. J Int Soc Sports Nutr, 15(1), 11.https://doi.org/10.1186/s12970-018-0216-0

Grgic, J., Trexler, E. T., Lazinica, B., & Schoenfeld, B. J. (2018). Effects of caffeine intake on muscle strength and power: a systematic review and meta-analysis. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 15, 11.

Guest, N. S., VanDusseldorp, T. A., Nelson, M. T., Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Jenkins, N. D. M., Arent, S. M., Antonio, J., Stout, J. R., Trexler, E. T., Smith-Ryan, A. E., Goldstein, E. R., Kalman, D. S., & Campbell, B. I. (2021). International society of sports nutrition position stand: caffeine and exercise performance. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 18(1), 1. https://doi.org/10.1186/s12970-020-00383-4

Guest, N. S., VanDusseldorp, T. A., Nelson, M. T., Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Jenkins, N. D. M., Arent, S. M., Antonio, J., Stout, J. R., & Trexler, E. T. (2021). International Society of Sports Nutrition position stand: Caffeine and exercise performance. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 18(1), 1–37. https://doi.org/10.1186/s12970-020-00383-4

Guest, N. S., VanDusseldorp, T. A., Nelson, M. T., Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Jenkins, N. D., ... & Antonio, J. (2021). International society of sports nutrition position stand: caffeine and exercise performance. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 18, 1. https://doi.org/10.1186/s12970-020-00383-4

Guest, N. S., VanDusseldorp, T. A., Nelson, M. T., Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Jenkins, N. D., ... & Antonio, J. (2021). International society of sports nutrition position stand: caffeine and exercise performance. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 18(1), 1–37. https://doi.org/10.1186/s12970-020-00383-4

Guest, N., Corey, P., Vescovi, J., & El-Sohemy, A. (2018). Caffeine, CYP1A2 Genotype, and Endurance Performance in Athletes. Medicine and science in sports and exercise, 50(8), 1570–1578. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001596 (girişte incele)

Guest, N., Corey, P., Viana Leite, M. R., & El-Sohemy, A. (2021). Caffeine, performance, and health: A review of genetic variations and other factors. Current Sports Medicine Reports, 20(9), 429–435. https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000864

Guest, N. S., VanDusseldorp, T. A., Nelson, M. T., Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Jenkins, N. D. M., Arent, S. M., Antonio, J., Stout, J. R., Trexler, E. T., Smith-Ryan, A. E., Goldstein, E. R., Kalman, D. S., & Campbell, B. I. (2021). International Society of Sports Nutrition position stand: caffeine and exercise performance. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 18(1)

Hamad, A. K. S. (2024). Caffeine and Arrhythmias: A Critical Analysis of the Evidence.

Harty, P. S., Zabriskie, H. A., Erickson, J. L., Molling, P. E., Kerksick, C., & Jagim, A. R. (2018). Multi-ingredient pre-workout supplements, safety implications, and performance outcomes: A brief review. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 15(1), 41. https://doi.org/10.1186/s12970-018-0247-6

Harty, P. S., Zabriskie, H., Stecker, C., Currier, T., Tinsley, G., Surowiec, R., Jagim, A., Richmond, A., & Kerksick, C. M. (2020). Caffeine timing improves lower-body muscular performance: A randomized trial. Frontiers in Nutrition, 7, 585900. https://doi.org/10.3389/fnut.2020.585900

Helms, E. R., Aragon, A. A., & Fitschen, P. J. (2014). Evidence-based recommendations for natural bodybuilding contest preparation: nutrition and supplementation. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 11(1), 20. https://doi.org/10.1186/1550-2783-11-20

Jäger, R., Kerksick, C. M., & Campbell, B. I. (2023). ISSN position stand on caffeine and exercise performance. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 20(1), 1-15.

Kaczka, P., Batra, A., Kubicka, K., Maciejczyk, M., Rzeszutko-Bełzowska, A., Pezdan-Śliż, I., … Zając, T. (2020). Effects of pre-workout multi-ingredient supplement on anaerobic performance: randomized double-blind crossover study. International Journal of Environmental Research and Public Health, 17(21), 8262. https://doi.org/10.3390/ijerph17218262

Kamimori, G. H., Karyekar, C. S., Otterstetter, R., Cox, D. S., Balkin, T. J., Belenky, G. L., & Eddington, N. D. (2002). The rate of absorption and relative bioavailability of caffeine administered in chewing gum versus capsules to normal healthy volunteers. International journal of pharmaceutics, 234(1-2), 159–167. https://doi.org/10.1016/s0378-5173(01)00958-9

Karagöl, E., ve Yıldırım, D. (2025). Türkçe eğitiminde yapay zekâ kullanımı: Türkçe eğitimcileri yapay zekâ hakkında ne düşünüyor?. Ana Dili Eğitimi Dergisi, 13(2), 356-374.

Kiss, A., Tompa, O., Lakner, Z., Unger-Plasek, B., Temesi, Á., & Soós, S. (2025). Conveying sport nutrition information in YouTube videos: A qualitative content analysis of dietary advice and ways of communication. Current Developments in Nutrition, 9(9), 107525. https://doi.org/10.1016/j.cdnut.2025.107525

Kreutzer, A., Graybeal, A. J., Moss, K., Braun-Trocchio, R., & Shah, M. (2022). Caffeine Supplementation Strategies Among Endurance Athletes. Frontiers in Sports and Active Living, 4, Article 821750. https://doi.org/10.3389/fspor.2022.821750

Maughan, R. J., Burke, L. M., Dvorak, J., & Larson-Meyer, D. E. (2018). IOC consensus statement: Dietary supplements and the high-performance athlete. British Journal of Sports Medicine, 52(7), 439-455.

Maughan, R. J., Burke, L. M., Dvorak, J., Larson-Meyer, D. E., Peeling, P., Phillips, S. M., Rawson, E. S., Walsh, N. P., Garthe, I., Geyer, H., Meeusen, R., Van Loon, L. J. C., Shirreffs, S. M., Spriet, L. L., Stuart, M., Vernec, A., Currell, K., Ali, V. M., Budgett, R., & Engebretsen, L. (2018). IOC consensus statement: Dietary supplements and the high-performance athlete. British Journal of Sports Medicine, 52(7), 439–455. https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099027

Mielgo-Ayuso, J., Calleja-González, J., Del Coso, J., Urdampilleta, A., León-Guereño, P., & Fernández-Lázaro, D. (2019). Effect of caffeine supplementation on sports performance based on differences between sexes: A systematic review and meta-analysis. Nutrients, 11(10), 2313. https://doi.org/10.3390/nu11102313

Millî Eğitim Bakanlığı (MEB). (2023). Vücut Geliştirme ve Fitness Kurs Programı. https://ookgm.meb.gov.tr

Mohammadi Khas, S.S. and Baradaran Ghassemi, N. (2025). Effects of caffeine on depression in athletes: A narrative review. Journal of Sports and Rehabilitation Sciences, 2(Issue 2), 76-81. https://doi.org/10.32598/JSRS.2412.1027

Naderi, A., de Oliveira, E. P., Ziegenfuss, T. N., & Willems, M. T. (2016). Timing, Optimal Dose and Intake Duration of Dietary Supplements with Evidence-Based Use in Sports Nutrition. Journal of exercise nutrition & biochemistry, 20(4), 1–12. https://doi.org/10.20463/jenb.2016.0031

Pallangyo, P., Bhalia, S. V., Komba, M., Mkojera, Z. S., Manji, E. S., Millinga, J., … Kisenge, P. R. (2024). Acute myocardial infarction following “dry-scooping” of a pre-workout supplement in a healthy young man of African origin: A case report. SAGE Open Medical Case Reports, 12, 2050313X241261157. https://doi.org/10.1177/2050313X241261157

Paton, C. D., Lowe, T., & Irvine, D. (2022). Caffeine chewing gum increases repeated sprint performance and augments increases in testosterone in competitive cyclists. Journal of Strength and Conditioning Research, 36(3), 733–739. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003566

Pickering, C., & Kiely, J. (2019). Are caffeine's performance-enhancing effects in sport real, or do we only think they are? International Journal of Sports Physiology and Performance, 14(2), 231–235. https://doi.org/10.1123/ijspp.2018-0335

Salinero, J. J., Lara, B., & Del Coso, J. (2019). Effects of acute ingestion of caffeine on team sports performance: a systematic review and meta-analysis. Research in Sports Medicine, 27(2), 238–256. https://doi.org/10.1080/15438627.2018.1552148

Southward, K., Rutherfurd-Markwick, K. J., & Ali, A. (2018). The effect of acute caffeine ingestion on endurance performance: A systematic review and meta–analysis. Sports Medicine, 48(8), 1913–1928. https://doi.org/10.1007/s40279-018-0939-5

Spor Hizmetleri Genel Müdürlüğü (SHGM). (t.y.). Antrenör Eğitim Talimatı. https://shgm.gsb.gov.tr

Spriet, L. L. (2014). Exercise and sport performance with low doses of caffeine. Sports Medicine, 44(2), 175–184. https://doi.org/10.1007/s40279-014-0257-8

ISSA. (2025). What Does a Personal Trainer Do? Duties, Salary & More. https://www.issaonline.com

Thomas, D. T., Erdman, K. A., & Burke, L. M. (2016). Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics, 116(3), 501-528. https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.12.006

Türkiye Vücut Geliştirme ve Fitness Federasyonu (TVGFBF). (t.y.). Antrenörlük Kurs Programı. https://tvgfbf.gov.tr

Ukers, W. H. (2012). All about coffee. Tea and Coffee Trade Journal Company.

Wikoff, D., Welsh, B. T., Henderson, R., Brorby, G. P., Britt, J., Myers, E., Goldberger, J., Lieberman, H. R., O'Brien, C., & Peck, J. (2017). Systematic review of the potential adverse effects of caffeine consumption in healthy adults, pregnant women, adolescents, and children. Food and chemical toxicology, 109, 585-648.

Wu, W., Chen, Z., Zhou, H., Wang, L., Li, X., Lv, Y., Sun, T., & Yu, L. (2024). Effects of Acute Ingestion of Caffeine Capsules on Muscle Strength and Muscle Endurance: A Systematic Review and Meta-Analysis. Nutrients, 16(8), 1146. https://doi.org/10.3390/nu16081146

Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2021). Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri (12. baskı). Seçkin Yayıncılık.

Yıldız, Y. (2024). Osmanlıdan Viyanaya kahvenin serüveni: Viyana kahvehaneleri, kahve kültürünün doğuşu ve Türklerin rolü (M. N. Demirli, Ed.). Selenge Yayınları.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

MEDİKAL TURİSTLERİN SAĞLIK RİSKLERİNİ ÖNLEYİCİ DAVRANIŞLARI İLE SAĞLIK SEYAHATİNDEN MEMNUNİYETLERİ ARASINDAKİ YAPISAL İLİŞKİLER

Doç. Dr. Fuat YALMAN

Düzce Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-1041-1837

fuatyalman@duzce.edu.tr, 0506 4603437

Prof. Dr., Yalçın KARAGÖZ

Düzce Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-5642-6498

yalcinkaragoz@duzce.edu.tr, 0553 0332996

ÖZET

Bu çalışmada, medikal turistlerin sağlık risklerini önleyici davranışları ile onların sağlık seyahatinden memnuniyet düzeyleri arasındaki yapısal ilişkileri tespit etmek amaçlanmıştır. Araştırmanın evrenini İstanbul ilinde bulunan uluslararası sağlık turizmi yetki belgeli sağlık kuruluşlarından medikal turizm hizmeti almış olan ve sosyal medya kanalıyla (Twitter, Instagram, Facebook, Web Siteler, Bloglar) ulaşılan Almanya ve Hollanda'dan gelen diaspora Türkleri oluşturmuştur. Örneklem grubunu ise 375 uluslararası medikal turist oluşturmuştur. Araştırmada veri toplama yöntemi olarak anket kullanılmıştır. Bu doğrultuda, geliştirilen anket formu online uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar göre; medikal turistlerin sağlık risklerini önleyici davranışları ile sağlık seyahatinden memnuniyet düzeyleri arasında istatistik olarak anlamlı ve pozitif (p<,001) yönde yüksek düzey bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Medikal turistlerin sağlık risklerini önleyici davranışları artarsa, sağlık seyahatinden memnuniyet düzeylerinin de artacağı sonucuna varılmıştır. Sonuç olarak medikal turistlerin sağlık risklerini önleyici davranışları ile onların sağlık seyahatinden memnuniyet düzeyleri arasında istatistiki olarak anlamlı ve pozitif yönde bir ilişki olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Medikal Turizm, Sağlık Seyahati, Memnuniyet

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

THE STRUCTURAL RELATIONSHIPS BETWEEN PREVENTIVE BEHAVIORS OF MEDICAL TOURISTS AGAINST HEALTH RISKS AND THEIR SATISFACTION WITH HEALTH TRAVEL

ABSTRACT

The purpose of this study is to identify the structural relationships between the preventive behaviors of medical tourists against health risks and their levels of satisfaction with health travel. The research population consists of diaspora Turks from Germany and the Netherlands who received medical tourism services from internationally authorized healthcare institutions located in Istanbul and were reached through social media channels (Twitter, Instagram, Facebook, websites, and blogs). The sample group comprises 375 international medical tourists. The data were collected through a questionnaire, which was administered online. According to the results obtained, there is a statistically significant and positive ($p<.001$) high-level relationship between the preventive behaviors of medical tourists toward health risks and their satisfaction levels with health travel. It was concluded that as medical tourists' preventive behaviors against health risks increase, their satisfaction with health travel also increases. In conclusion, it was observed that there is a statistically significant and positive relationship between medical tourists' preventive behaviors against health risks and their satisfaction levels with health travel.

Keywords: Medical Tourism, Health Travel, Satisfaction

GİRİŞ

Sağlığın önemi birçok ülkenin dikkatini çekmiş ve bu ülkeleri vatandaşlarının refahını güçlendirmeye veya bu tür girişimleri endüstriyel bir fırsata dönüştürmeye yöneltmiştir; buna bağlı olarak, sağlık sektöründeki rekabet şu anda küresel bir fenomen olarak teşvik edilmektedir (Herrick, 2007). Bu bağlamda, sağlığın küreselleşmesini ilerleten özellikler arasında çok uluslu hastanelerin varlığı, dünya çapında rekabetçi fiyatlar, küresel standartlarda uluslararası kalite ve özel teknolojiler sayılabilir (Cook, 2008). Sağlığın küreselleşmesinin en önemli etkilerinden biri, sağlık turizmi olarak bilinen yeni bir turizm türünün ortaya çıkmasıdır (Heung vd., 2011). Sağlık turizmi alt grupları arasında, medikal turizm sağlık sektörünün hızlı büyümesinin bir ürünü olarak görülebilir (Herrick, 2007; Aziz vd., 2015). Medikal turizm, hastaların yüksek kaliteli ve uygun fiyatlı sağlık hizmetleri almak için farklı ülkelere seyahat etmeleri olarak tanımlanır (Crooks vd., 2010; Aziz vd., 2015).

Medikal turizm, sağlık turizminden üç yönden farklılaşmaktadır. Birincisi, sağlık turizmi hizmetleri hastane dışı ortamlarda sunulurken, medikal turizm hizmetleri hastane ortamlarında

sunulur. İkincisi, medikal turizmde tedavi ilaçlar ve cerrahi prosedürlerle gerçekleştirilirken, sağlık turizmde müdahale sağlığı geri kazanmak için tamamlayıcı tedavilerle uygulanır. Üçüncüsü, medikal turizmde hastalar hastanede mevcut tıbbi tesisler kullanılarak tedavi edilir (Lunt vd., 2013). Çoğu gelişmiş ülkede artan sağlık hizmetleri maliyetleri, medikal turizmin büyümesini artırmıştır (Alleman vd., 2011). Artan maliyetlerin yanı sıra, birçok başka faktör de medikal turizmi sağlık ihtiyaçlarını karşılamak isteyen hastalar için cazip bir seçenek haline getirmektedir. Bu faktörlerden bazıları, uzun bekleme listeleri, yüksek hizmet maliyetleri ve kendi ülkelerinde gerekli hizmetlere ve ileri teknolojiye erişimin olmamasıdır (Burkett, 2007). Sağlık hizmetlerinin ticarete konu olabilmesi nedeniyle, medikal turizm eleştirilere açıktır ve bu da hedef ülkeleri, uluslararası hastalara mümkün olan en yüksek standartlarda sağlık tesisleri ve hizmetleri sunmaya teşvik etmektedir (Turner, 2007).

Hizmet sağlayıcılar, tıbbi tesisler, personelin hastalara karşı davranışları (34), bekleme süresi ve hizmet ve tesislerin kalitesi gibi özellikler, yurt içi ve yurt dışı tıbbi turistlerin memnuniyetini etkileyebilir (Larsson ve Wilde-Larsson, 2010; Tam, 2007). Memnuniyet, kalitenin önemli bir yönü ve tıbbi turizmde başarının temel göstergesi olarak kabul edilebilir. Hasta memnuniyeti, sağlık hizmeti sağlayıcıları arasındaki rekabeti artırdığı için de önemlidir (Yellen vd., 2002). Medikal turizm endüstrisinde memnuniyetin kilit rolü, insanların sağlık hedeflerine ulaşmak için son derece duyarlı uygulamaları ve teknolojideki ilerlemeler, artan farkındalık ve sağlık hizmeti sağlayıcılarından artan beklentiler nedeniyle uygun ve yüksek kaliteli hizmetlere olan taleplerinde de yansıtılmaktadır (George vd., 2010; Yeh, 2010).

Hasta memnuniyeti, özellikle farklı hastane boyutlarının incelenmesi ile birlikte analiz edilebilir (Zineldin, 2006). Hasta memnuniyeti ile ilgili elde edilen geri bildirimler, bir hastanenin durumunu ve stratejik planlarını iyileştirme çabalarına da etkili bir şekilde yön verebilir (Gallan vd., 2012). Ayrıca, turist memnuniyeti anketi, medikal turistlerin memnuniyetini artırmak için güçlü ve zayıf yönleri ve düzeltici önlemleri netleştirebilir (Musa vd., 2012). Yukarıda belirtilen hususlar dikkate alınarak, bu çalışma medikal turistlerin sağlık risklerini önleyici davranışları ile onların sağlık seyahatinden memnuniyet düzeyleri arasındaki yapısal ilişkileri belirlemeyi amaçlamıştır. Bu çalışmada ele alınan araştırma sorusu "medikal turistlerin sağlık risklerini önleyici davranışları ile onların sağlık seyahatinden memnuniyet düzeyleri arasında nasıl bir yapısal ilişki vardır?" olmuştur.

Yöntem

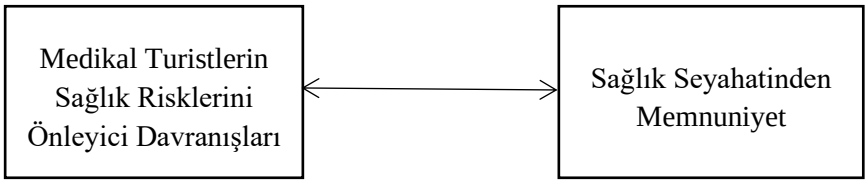
Araştırmada nicel araştırma yöntemi kullanılmış ve veriler İstanbul ilinde bulunan uluslararası sağlık turizmi yetki belgeli sağlık kuruluşlarından medikal turizm hizmeti almış olan ve sosyal medya kanalıyla (Twitter, Instagram, Facebook, Web Siteler, Bloglar) ulaşılan Almanya ve Hollanda'dan gelen diaspora Türkleri üzerinden online toplanmıştır.

Araştırmanın Modeli ve Hipotezleri

Medikal turistlerin sağlık risklerini önleyici davranışları ile onların sağlık seyahatinden memnuniyet düzeyleri arasındaki yapısal ilişkilerin ortaya konulması araştırmanın konusunu oluşturmaktadır. Araştırmanın modeli, araştırmanın temel değişkenleri arasındaki nedensellik

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ilişkisini tartışmaktadır. Araştırmanın kavramsal modeli arasındaki yapısal ilişkiler Şekil 1'de gösterilmektedir. Ardından araştırmanın temel hipotezleri aşağıda ifade edilmiştir.



Şekil 1. Araştırmanın Modeli

H_1: Medikal turistlerin sağlık risklerini önleyici davranışları ile sağlık seyahatinden memnuniyet arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.

Evren ve Örnekleme

Araştırmanın evrenini İstanbul ilinde bulunan uluslararası sağlık turizmi yetki belgeli sağlık kuruluşlarından medikal turizm hizmeti almış olan ve sosyal medya kanalıyla (Twitter, Instagram, Facebook, Web Siteler, Bloglar) ulaşılan Almanya ve Hollanda'dan gelen diaspora Türkleri oluşturmuştur. Örneklem grubunu ise 375 uluslararası medikal turist oluşturmuştur.

Veri Toplama Yöntemi

Veri toplama yöntemi olarak online anket tekniği kullanılmıştır. Anket formu, toplamda üç bölümden oluşmaktadır. Katılımcılara online anket formu Türkçe dilinde uygulanmıştır.

İstatistiksel Analizler

Araştırma kapsamında veri setinin analizi için IBM SPSS 23 ve AMOS istatistiksel analiz programları kullanılmıştır. Değişkenler arasındaki ilişki düzeyini ve ilişkinin yönünü ortaya koymak için yapısal eşitlik modellemesi (YEM) yöntemlerinden olan doğrulayıcı faktör analizi uygulanmıştır.

BULGULAR

Demografik Bulgular

Araştırmaya katılan medikal turistlerin demografik özellikleri ile faktörler arasındaki farklılık analizlerinin sonuçları aşağıda verilmiştir.

Tablo 1. Katılımcıların Demografik Özellikleri ile Farklılık Analizleri

			MTSRÖD		SSM	
	N	%	t[a]/F[b]	p[c]	t[a]/F[b]	p[c]
Cinsiyet						
Erkek	138	36,8	0,24	0,81	0,24	0,81
Kadın	237	63,2				
Yaş						
20-29	211	56,3				
30-39	86	22,9	2,85	**0,02**	0,68	0,61
40-49	63	16,8				
50-59	15	4,0				
Eğitim						
Yüksekokul ve altı	43	11,5				
Üniversite	268	71,5	1,13	**0,34**	0,60	0,67
Lisansüstü	64	17,1				
Tedavi Olunan Branş						
Kulak, Burun ve Boğaz cerrahisi	201	53,6				
Kozmetik/plastik/rekonstrüktif cerrahi	53	14,1				
Doğurganlık bakımı	44	11,7				
Kardiyovasküler cerrahi ve bakım	24	6,4	3,13	**0,02**	0,82	**0,51**
Ortopedik cerrahi	28	7,5				
Onkoloji (Kanser tedavileri)	24	6,4				
Diğer	1	0,3				
Gelinen Ülke						
Almanya	161	42,9	3,33	**0,01**	1,42	**0,23**
Hollanda	214	57,1				

Araştırma Verilerinin Güvenilirliği

Güvenilirlik analizi için hedef kitleden elde edilen verilere, "Madde-toplam korelasyonuna dayalı madde analizi" yapılmıştır. Genel Güvenilirlik Katsayısı =0,861, Medikal Turistlerin Sağlık Risklerini Önleyici Davranışları = 0,823, Sağlık Seyahatinden Memnuniyet = 0,737 olduğundan, ölçek oldukça güvenilir kabul edilmiştir.

Betimsel Analizler

Medikal turistlerin sağlık risklerini önleyici davranışları ile sağlık seyahatinden memnuniyetleri ilgili faktörlere yönelik betimsel analiz sonuçları aşağıda verilmiştir.

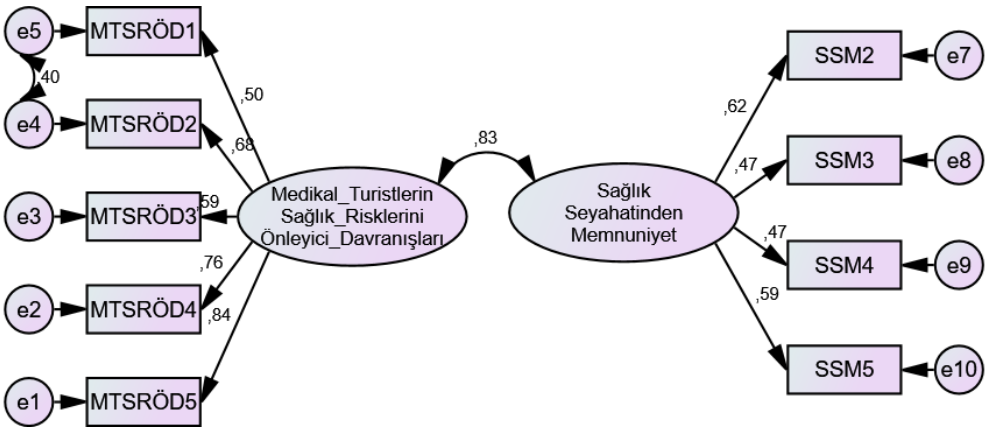
Tablo 2. Betimsel Analiz Sonuçları

Faktörler	N	Mean	Standard Deviation	Variance	Cronbach's Alpha
Medikal Turistlerin Sağlık Risklerini Önleyici Davranışları	375	4,1547	,96049	,923	,823
Sağlık Seyahatinden Memnuniyet	375	3,9440	1,01568	1,032	,737

Doğrulayıcı Faktör Analizi İle İlgili Bulgular

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Medikal turistlerin sağlık risklerini önleyici davranışları ile sağlık seyahatinden memnuniyetleri arasındaki yapısal ilişkiyi ortaya koymak için doğrulayıcı faktör analizi yapılmıştır.



Şekil 2. Doğrulayıcı Faktör Analizi Modeli

Aşağıda verilen uyum değerleri model uyumunun (model fit) iyi sağlandığını göstermektedir.

Tablo 3. Uyum Değerleri

Uyum Değerleri	Kabul Edilebilir Uyum Değerleri[1]	Araştırma Modeli
χ^2/df	$0 \leq \chi^2/df \leq 5$	4,987
RMR	,00 ≤ RMR ≤ 0,10	0,050
GFI	0,800 ≤ GFI ≤ 1,00	0,931
AGFI	0,800 ≤ AGFI ≤ 1,00	0,876
NFI	0,800 ≤ NFI ≤ 1,00	0,888
RFI	0,800 ≤ RFI ≤ 1,00	0,839
IFI	0,800 ≤ IFI ≤ 1,00	0,908
TLI	0,800 ≤ TLI ≤ 1,00	0,867
CFI	0,800 ≤ CFI ≤ 1,00	0,907
SRMR	0,00 ≤ SRMR ≤ 0,10	0,0560
Kaynak: [1] (χ2/df, GFI, TLI* Simon vd., 2010: 239; Tabachnick ve Fidell, 2013; RMSEA* Marsh, 2012: 785; CFI* Kline, 2011: 208; NFI* Hooper vd., 2008: 55)		

Elde edilen 0≤χ2/df=4,987≤5; 0,00≤RMR=0,050≤0,10; 800≤GFI=0,931≤1,00; 0,800≤AGFI=0,876≤1,00; 0,800≤NFI=0,888≤1,00; 0,800≤RFI=0,839≤1,00; 0,800≤IFI=0,908≤1,00; 0,800≤TLI=0,867≤1,00; 0,800≤CFI=0,907≤1,00; 0,00≤SRMR=0,0560≤0,10 uyum değerleri verilerin modele uyum sağladığını göstermektedir. Verilerin modele uyum sağlaması modelin yapı geçerliliğinin olduğunu göstermektedir. SSM1 ve SSM6 değişkenleri modele uymadığı için modelden çıkarılmıştır.

Tablo 4. İyileştirilmiş Ölçüm Modeline İlişkin DFA Sonuçları

Constructs	Items	Estimate	Cronbach's α	AVE	CR
Medikal Turistlerin Sağlık Risklerini Önleyici Davranışları	MTSRÖD5	,844	,823	,47	,84
	MTSRÖD4	,758			
	MTSRÖD3	,586			
	MTSRÖD2	,678			
	MTSRÖD1	,501			
Sağlık Seyahatinden Memnuniyet	SSM2	,624	,737	,30	,65
	SSM3	,472			
	SSM4	,474			
	SSM5	,585			

AVE değerleri 0,50'den küçük olmakla birlikte, CR'nin 0,60'tan büyük olması uyum geçerliliğinin olduğunu göstermektedir (Fornell ve Larcker, 1981: 382-388). Yukarıdaki tabloda hesaplanan AVE değerleri 0,30 ve daha büyük ve CR değerleri de 0,65 ve daha büyük olduğundan model uyum geçerliğini sağlamaktadır.

Tablo 5. Boyutlar (Faktörler) Arası İlişkinin Analizi (Interdimensional Correlation)

Interdimensional Correlation			Estimate	S.E.	C.R.	P	Result
Medikal Turistlerin Sağlık Risklerini Önleyici Davranışları	<-->	Sağlık Seyahatinden Memnuniyet	,829	,039	8,221	p<,001	İleri Düzeyde Önemli

Medikal Turistlerin Sağlık Risklerini Önleyici Davranışları ile Sağlık Seyahatinden Memnuniyet arasında ilişki ileri düzeyde önemlidir (P<,001). İlişki pozitif yönlüdür ve ilişkinin derecesi 0,829'dur. Dolayısıyla Medikal Turistlerin Sağlık Risklerini Önleyici Davranışları artarken Sağlık Seyahatinden Memnuniyet te artacaktır.

SONUÇ

Sonuç olarak; ilişki analizi ile elde edilen uyum değeri ($0 \leq \chi 2/df=4,987 \leq 5$; $0,00 \leq RMR=0,050 \leq 0,10$; $800 \leq GFI=0,931 \leq 1,00$; $0,800 \leq AGFI=0,876 \leq 1,00$; $0,800 \leq NFI=0,888 \leq 1,00$; $0,800 \leq RFI=0,839 \leq 1,00$; $0,800 \leq IFI=0,908 \leq 1,00$; $0,800 \leq TLI=0,867 \leq 1,00$; $0,800 \leq CFI=0,907 \leq 1,00$; $0,00 \leq SRMR=0,0560 \leq 0,10$) verilerin modele iyi uyum sağladığını göstermektedir. Verilerin modele iyi uyum sağlaması modelin yapı geçerliliğinin olduğunu göstermektedir. Ayrıca yine ilişki analizi ile elde edilen modelin boyutlarına ait AVE (Medikal Turistlerin Sağlık Risklerini Önleyici Davranışları=,47 ve Sağlık Seyahatinden Memnuniyet=,30) değerlerinin 0,30 ve daha büyük ve CR (Medikal Turistlerin Sağlık Risklerini Önleyici Davranışları=,84 ve Sağlık Seyahatinden Memnuniyet=,65)

değerlerinin de 0,65 ve büyük olması, boyutların uyum geçerliğinin sağlandığını göstermektedir. Genel Güvenilirlik Katsayısı =0,861, Medikal Turistlerin Sağlık Risklerini Önleyici Davranışları=0,823, Sağlık Seyahatinden Memnuniyet=0,737 bulunmuştur. Bu değerler 0,60≤α<1,00 arasında olduğundan, ölçek oldukça güvenilirdir. Elde edilen sonuçlar göre; Medikal Turistlerin Sağlık Risklerini Önleyici Davranışları ile Sağlık Seyahatinden Memnuniyet arasında ilişki ileri düzeyde önemlidir (P<,001). İlişki pozitif yönlüdür ve ilişkinin derecesi 0,829'dur. Dolayısıyla Medikal Turistlerin Sağlık Risklerini Önleyici Davranışları artarken Sağlık Seyahatinden Memnuniyet te artacaktır.

KAYNAKÇA

Alleman, B.W., Luger, T., Reisinger, H.S., Martin, R., Horowitz, M.D., Cram, P. (2011). Medical tourism services available to residents of the United States. J Gen Intern Med. 2011;26(5):492–7. doi: 10.1007/s11606-010-1582-8.

Aziz, A., Yusof, R.M., Ayob, M., Bakar, N.T.A., Awang, A.H. (2015). Measuring tourist behavioural intention through quality in Malaysian medical tourism industry. Proc Econ Finance. 2015;31:280–5. doi: 10.1016/s2212-5671(15)01179-x.

Burkett, L. (2007). Medical tourism. Concerns, benefits, and the American legal perspective. J Leg Med. 2007;28(2):223–45. doi:10.1080/01947640701357763.

Cook, P.S. (2008). What is health and medical tourism? The Annual Conference of the Australian Sociological Association. The University of Melbourne, Victoria.

Crooks, V.A., Kingsbury, P., Snyder, J., Johnston, R. (2010). What is known about the patient's experience of medical tourism? A scoping review. BMC Health Serv Res. 2010;10:266. doi: 10.1186/1472-6963-10-266.

Gallan, A.S., Jarvis, C.B., Brown, S.W., Bitner, M.J. (2012). Customer positivity and participation in services: An empirical test in a health care context. J Acad Market Sci. 2012;41(3):338–56. doi: 10.1007/s11747-012-0307-4.

George, B.P., Henthorne, T.L., Williams, A.J. (2010). Determinants of satisfaction and dissatisfaction among preventive and curative medical tourists: A comparative analysis. Int J Behav Healthcare Res. 2010;2(1):5–19. doi: 10.1504/ijbhr.2010.037077.

Herrick, D.M. (2007). Medical tourism: Global competition in health care. Dallas, Texas: National Center for Policy Analysis; 2007.

Heung, V.C.S., Kucukusta, D., Song, H. (2011). Medical tourism development in Hong Kong: An assessment of the barriers. Tourism Manage. 2011;32(5):995–1005. doi: 10.1016/j.tourman.2010.08.012.

Larsson, G. ve Wilde-Larsson, B. (2010). Quality of care and patient satisfaction: A new theoretical and methodological approach. Int J Health Care Qual Assur. 2010;23(2):228–47. doi: 10.1108/09526861011017120.

Lunt, N.T., Mannion, R., Exworthy, M. (2013). A framework for exploring the policy implications of UK medical tourism and international patient flows. Soc Policy Admin. 2013;47(1):1–25. doi: 10.1111/j.1467-9515.2011.00833.x.

Musa, G., Doshi, D.R., Wong, K.M., Thirumoorthy, T. (2012). How satisfied are inbound medical tourists in Malaysia? A study on private hospitals in Kuala Lumpur. J Travel Tourism Market. 2012;29(7):629–46. doi: 10.1080/10548408.2012.720150.

Tam, J.L.M. (2007). Linking quality improvement with patient satisfaction: A study of a health service centre. Market Intell Plan. 2007;25(7):732–45. doi: 10.1108/02634500710834197.

Turner, L. (2007). Canadian medicare and the global health care bazaar. Policy Options Montreal. 2007;28(8):73.

Yeh, T.M. (2010). Determining medical service improvement priority by integrating the refined Kano model, Quality function deployment and Fuzzy integrals. Afr J Bus Manage. 2010;4(12):2534–45.

Yellen, E., Davis, G.C., Ricard, R. (2002). The measurement of patient satisfaction. J Nurs Care Qual. 2002;16(4):23–9.

Zineldin, M. (2006). The quality of health care and patient satisfaction: An exploratory investigation of the 5Qs model at some Egyptian and Jordanian medical clinics. Int J Health Care Qual Assur Inc Leadersh Health Serv. 2006;19(1):60–92.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

SAĞLIK TURİZMİNDE DESTİNASYON İMAJININ YENİDEN ZİYARET NİYETİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Prof. Dr., Yalçın KARAGÖZ
Düzce Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-5642-6498
yalcinkaragoz@duzce.edu.tr, 0553 0332996

Doç. Dr. Fuat YALMAN
Düzce Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-1041-1837
fuatyalman@duzce.edu.tr, 0506 4603437

ÖZET

Bu çalışmada, sağlık turizminde destinasyon imajının yeniden ziyaret etme niyeti üzerindeki etkisini ortaya koymak amaçlanmıştır. Araştırmanın evrenini İstanbul ilinde bulunan uluslararası sağlık turizmi yetki belgeli sağlık kuruluşlarından sağlık turizmi hizmeti almış olan ve sosyal medya kanalıyla (Twitter, Instagram, Web Siteleri) ulaşılan uluslararası hastalar oluşturmuştur. Örneklem grubunu ise 250 uluslararası sağlık turisti oluşturmuştur. Katılımcılara online anket formu uygulanmıştır. Araştırmada kolayda örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen verilere yapısal eşitlik modellemesi altında yol analizi yapılmıştır. Doğrulayıcı faktör analizi ile oluşturulan modelin verilere mükemmel uyum gösterdiği tespit edilmiştir. Yol analizi ile sağlık turizmi destinasyon imajının yeniden ziyaret etme niyeti üzerindeki etkisi ortaya konulmuştur. Bunun neticesinde sağlık turizmi destinasyon imajının yeniden ziyaret etme niyeti üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiler tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sağlık Turizmi, Destinasyon İmajı, Tekrar Ziyaret Niyeti

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

THE EFFECT OF DESTINATION IMAGE ON REVISIT INTENTION IN HEALTH TOURISM

In this study, it was aimed to reveal the effect of destination image on revisit intention in health tourism. The population of the research consisted of international patients who received health tourism services from healthcare institutions in Istanbul that hold international health tourism authorization certificates and were reached through social media channels (Twitter, Instagram, and websites). The sample group consisted of 250 international health tourists. An online questionnaire form was administered to the participants. The convenience sampling method was used in the study. The data obtained were analyzed through path analysis within the framework of structural equation modeling. It was determined that the model developed through confirmatory factor analysis showed an excellent fit with the data. The path analysis revealed the effect of health tourism destination image on revisit intention. As a result, statistically significant effects of health tourism destination image on revisit intention were identified.

Keywords: Health Tourism, Destination Image, Revisit Intention

GİRİŞ

Sağlık turizmi, sık sık uzun mesafeler kat eden veya sınır ötesi seyahat eden bir kişinin, eğlence, iş veya diğer amaçlarla doğrudan veya dolaylı olarak tıbbi hizmetlerden yararlanmak için yaptığı bir dizi faaliyet olarak tanımlanmaktadır (Jagyasi, 2008). Sağlık turizmi, turizm endüstrisinde ortaya çıkan bir niş pazardır ve küresel turizmde önemli bir rol oynamaktadır. Kuruluşundan bu yana medikal turizm, hem sağlık turistlerine hem de ev sahibi ülkeye faydalar sunması neticesinde gelişmekte olan ülkelerde en karlı alternatif turizm türlerinden biri haline gelmiştir (Cham vd., 2016; Pan ve Chen, 2014). Sağlık turistleri, tıbbi tedavilerin alınmasında potansiyel tasarruflardan ve daha kısa bekleme süresinden yararlanmaktadır. Öte yandan, ev sahibi ülke sağlık ve turizm hizmetlerinden elde edilen gelirden yararlanmaktadır. Elde edilen gelirler, ev sahibi ülkenin sağlık hizmetlerinin ve sağlık tesislerinin kalitesinin iyileştirilmesi için hayati öneme sahiptir. Bu kazan-kazan durumu, gelecek vaat eden bu sektörde yer almak için giderek daha fazla ülkeyi kendine çekmeyi başarmıştır (Patients Beyond Borders, 2019).

Destinasyon imajı, "bir turistin bir destinasyonla ilgili sahip olduğu inanç, fikir ve izlenimlerin toplamı" şeklindeki tutumsal bir kavram olarak tanımlanmaktadır (Crompton, 1979). Destinasyon imajının, turistlerin belirli bir destinasyona yönelik duygu ve inançlarının öznel bir yorumuyla ilişkili olduğu iddia edilmiştir (Baloglu ve McCleary, 1999; Bigne vd., 2001). Geçmişte yapılan çalışmalar, destinasyon imajının, turistlerin bir destinasyon için algılarına, fikirlerine, inançlarına, izlenimlerine, kimliklerine veya duygularına dayalı olarak zihinsel bir blok geliştirdikleri karmaşık bir süreçten oluştuğunu bildirmiştir. Destinasyon imajı, turizm araştırmaları için iki ana nedenden dolayı önemli bir kavramdır. Birincisi, destinasyon imajı hiç şüphesiz turistlerin seyahat kararı vermesinde en önemli faktörlerden biridir (Byon ve Zhang, 2010; Chen ve Tsai, 2007). İkincisi ise, destinasyon imajının, destinasyon deneyimlerine göre turistlerin memnuniyet düzeyi üzerinde bir etkisi olduğu gerçeğidir (Chon, 1990; Lopes, 2011).

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Turizm destinasyonu imajı teorisine göre, ziyaretçiler turizm faaliyetleri sürecinde destinasyonun genel bir değerlendirmesine sahip olurlar. Bilişsel psikolojinin etkisi altında, ziyaretçilerin destinasyona ilişkin algıladıkları değer, beklentilerini aştığında, destinasyonu tekrar ziyaret etme ve tavsiyelerde bulunma konusunda daha güçlü bir istekliliğe sahip olacaklardır. Destinasyona psikolojik bağlanma ve güven genellikle turistlerin destinasyona olan yüksek sadakatini göstermektedir (Baker ve Crompton, 2000; Derks vd., 2020). Turistler için imaj çok önemlidir. Turistlerin destinasyon imajını etkileyen faktörlerin derinlemesine ve eksiksiz analiz edilmesi, turistlerin gelecekte gösterebilecekleri bir dizi davranışların öngörülmesini sağlar. Turistlerin kendileri söz konusu olduğunda, destinasyon imajı sadece turistlerin yer hakkındaki görüşlerini etkilemekle kalmaz, aynı zamanda karar verme sürecini, algılanan değerlerini ve destinasyonu tekrar ziyaret niyetlerini de etkiler (Lin vd., 2016, Kim vd., 2013). Kaesung vd. (2013), Kore spor etkinliklerine katılan turistler üzerinde yaptıkları araştırmada destinasyon imajının turistlerin değer algıları üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu bulmuşlardır. Liu vd. (2015), Makao'yu ziyaret eden anakara turistlerini araştırmışlar ve destinasyon imajı ile turistlerin destinasyonu tekrar ziyaret niyetleri arasında önemli bir pozitif ilişki olduğunu doğrulamışlardır.

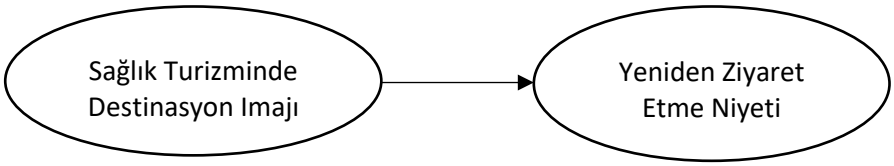
Bir destinasyon imajının çekicilik unsurları ve sunulma şekli, hedefin ve markasının tanıtımında kritik bir unsurdur (Khan vd., 2016). İmaj, turistler arasında bir destinasyon hakkında farkındalık oluşturabilir ve bunun, turistlerin bir destinasyon seçimi için karar vermeleri üzerinde doğrudan etkisi vardır (Cheng ve Lu, 2013; Deeparechigi vd., 2018). Turistlerin destinasyon imajı, destinasyonda yaşadıklarını, gördüklerini ve hissettiklerini yansıtır (Echnter ve Ritchie, 1993). Literatürde sağlık turizmi destinasyon imajını oluşturan ortak unsurların çeşitli özelliklerden oluştuğu bildirilmiştir. Bu özellikler arasında turistik yerler, genel altyapılar, hastanelerin itibarı, hastanelerin hizmet kalitesi, tıbbi olanaklar, sosyal çevre, ulaşım hizmetleri, konaklama, destekleyici hizmetler, yemek, kişisel güvenlik ve iletişim yer almaktadır (Khan vd., 2016; Lam vd., 2011; Viladrich ve Baron-Faust, 2014). Yukarıda belirtilen hususlar dikkate alınarak, bu çalışmada sağlık turizminde destinasyon imajının yeniden ziyaret etme niyeti üzerindeki etkisini ortaya koymak amaçlamıştır. Bu çalışmada ele alınan araştırma sorusu "sağlık turizminde destinasyon imajı ile onların destinasyonu yeniden ziyaret etme niyeti nasıl bir yapısal ilişki vardır?" olmuştur.

YÖNTEM

Araştırmanın Modeli ve Hipotezleri

Sağlık turizminde destinasyon imajının yeniden ziyaret etme niyeti üzerindeki etkisini ortaya koymak araştırmanın konusunu oluşturmaktadır. Araştırmanın modeli, araştırmanın temel değişkenleri (Sağlık turizminde destinasyon imajı ile yeniden ziyaret etme niyeti) arasındaki nedensellik ilişkisini tartışmaktadır. Araştırmanın kavramsal modeli arasındaki yapısal ilişkiler Şekil 1'de gösterilmektedir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4



Şekil 1. Araştırmanın Kavramsal Modeli

Evren ve Örneklem

Araştırmanın evrenini İstanbul ilinde bulunan uluslararası sağlık turizmi yetki belgeli sağlık kuruluşlarından sağlık turizmi hizmeti almış olan ve sosyal medya kanalıyla (Twitter, Instagram, Facebook, Web Siteler, Bloglar) ulaşılan uluslararası hastalar oluşturmaktadır. Örneklem grubunu ise 250 uluslararası sağlık turisti oluşturmuştur. Katılımcılara online anket formu İngilizce/Türkçe dilinde uygulanmıştır.

Veri Toplama Yöntemi

Araştırmada nicel araştırma deseni kullanılmış ve veriler online anket tekniğiyle toplanmıştır. Bu aşamada literatür incelemesi yapılmış, medikal turizm bağlamında destinasyon imajına ilişkin ölçüm Cham vd. (2020) tarafından geliştirilmiş ölçek formundan faydalanılarak yapılmıştır. Tekrar ziyaret niyeti ise, Kim vd. (2009) ve Lee vd. (2010) tarafından geliştirilen ve tıp turistlerinin tıbbi amaçlar için Malezya'ya gelme derecesini ölçen üç maddelik ölçekten uyarlanarak hazırlanmıştır.

İstatistiksel Analizler

Araştırma kapsamında veri setinin analizi için IBM SPSS 27 ve AMOS istatistiksel analiz programları kullanılmıştır. Çalışmanın analizinde yapısal eşitlik modellemesi (YEM) yöntemlerinden olan yol (path) analizi kullanılmıştır.

BULGULAR

Araştırma Verilerinin Güvenilirliği

Araştırma verilerinin güvenilirliğinin sağlanması için, madde-toplam korelasyonuna dayalı madde analizi uygulanmıştır. Genel Güvenilirlik Katsayısı=0,914, Sağlık Turizminde Destinasyon Imajı=0,913, Yeniden Ziyaret Etme Niyeti=0,750 bulunmuştur.

Demografik Bulgular ve Farklılık Analizleri

Araştırmaya katılan bireylerin demografik özellikleri ile faktörler arasındaki farklılık analizlerinin sonuçları aşağıda verilmiştir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Tablo 1. Katılımcıların Demografik Özellikleri ve Farklılık Analizleri

			Sağlık Turizminde Destinasyon Imajı		Yeniden Ziyaret Etme Niyeti	
	N	%	t^a/F^b	p^c	t^a/F^b	p^c
Cinsiyet			1,910	0,057	2,112	0,035
Erkek	82	32,8				
Kadın	168	67,2				
Yaş			1,288	0,274	0,859	0,489
18-25 arası	0	0,0				
26-35 arası	6	2,4				
36-45 arası	22	8,8				
46-55 arası	171	68,4				
56 ve üzeri	51	20,4				
Kronik Hastalığın Varlığı			1,974	0,081	1,826	0,106
Evet	83	33,2				
Hayır	167	66,8				
Hizmet Alınan Tedavi Türü			2,367	0,070	1,482	0,219
Kulak, Burun ve Boğaz cerrahisi	157	62,8				
Kozmetik/plastik/rekonstrüktif cerrahi	36	14,4				
Kardiyovasküler cerrahi ve bakım	29	11,6				
Ortopedik cerrahi	13	5,2				
Geleneksel ve tamamlayıcı tedaviler	8	3,2				
Kapsamlı tıbbi kontrol	3	1,2				
Diğer	4	1,6				

Sig. değeri p=0,057>0,05 olduğundan Sağlık Turizminde Destinasyon Imajı için cinsiyetin alt gruplarına göre farklılık yoktur. Sig. değeri p=0,035<0,05 olduğundan Yeniden Ziyaret Etme Niyeti için cinsiyetin alt gruplarına göre farklılık vardır.

Sig. değeri p=0,274>0,05 olduğundan Sağlık Turizminde Destinasyon Imajı için yaşın alt gruplarına göre farklılık yoktur. Sig. değeri p=0,489>0,05 olduğundan Yeniden Ziyaret Etme Niyeti için yaşın alt gruplarına göre farklılık yoktur.

Sig. değeri p=0,081>0,05 olduğundan Sağlık Turizminde Destinasyon Imajı için Kronik Hastalığın Varlığının alt gruplarına göre farklılık yoktur. Sig. değeri p=0,106>0,05 olduğundan Yeniden Ziyaret Etme Niyeti için Kronik Hastalığın Varlığının alt gruplarına göre farklılık yoktur.

Sig. değeri p=0,070>0,05 olduğundan Sağlık Turizminde Destinasyon Imajı için Hizmet Alınan Tedavi Türünün alt gruplarına göre farklılık yoktur. Sig. değeri p=0,219>0,05 olduğundan Yeniden Ziyaret Etme Niyeti için Hizmet Alınan Tedavi Türünün alt gruplarına göre farklılık yoktur.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Betimsel Analizler

Sağlık turizminde destinasyon imajının yeniden ziyaret etme niyeti üzerindeki etkisini ortaya koymaya yönelik betimsel analiz sonuçları aşağıda verilmiştir.

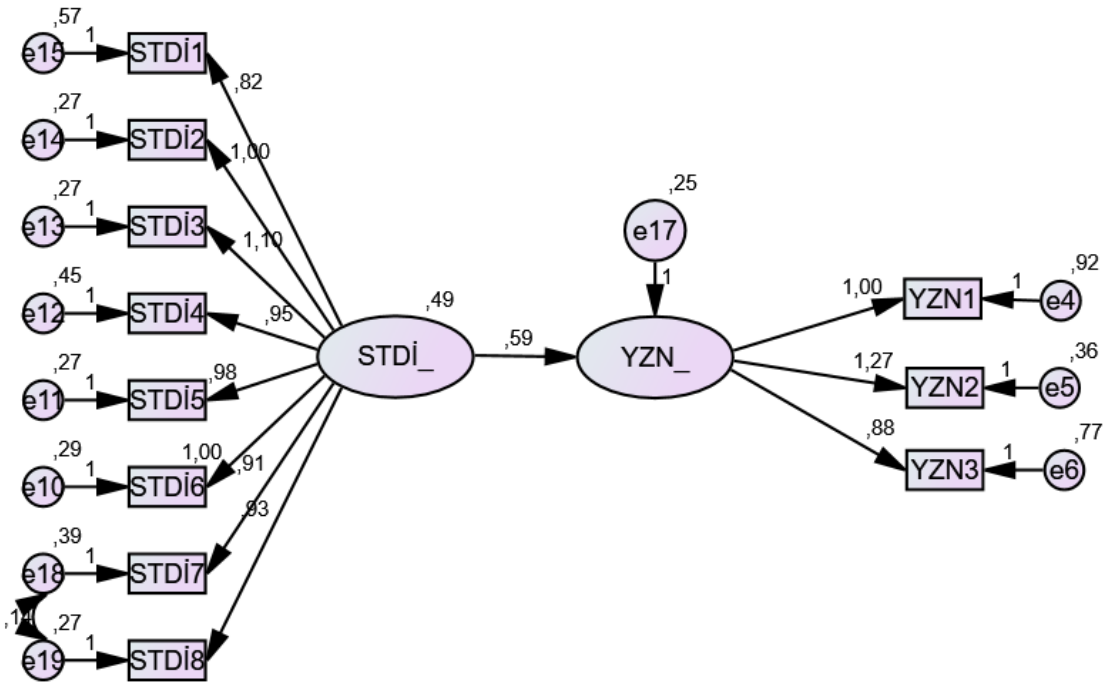
Tablo 2. Betimsel Analiz Sonuçları

Faktörler	N	Mean	Standard Deviation	Variance	Cronbach's Alpha
Sağlık Turizminde Destinasyon İmajı (STDİ)	250	4,2835	,70910	,503	0,913
Yeniden Ziyaret Etme Niyeti (YZN)	250	3,8253	,82475	,680	0,750

Yol (Path) Analizi İle İlgili Bulgular

Sağlık turizminde destinasyon imajının yeniden ziyaret etme niyeti üzerindeki etkisini tespit etmekt için yol analizi yapılmıştır. Path analizi sürecinde; değişkenlerin arasındaki ilişkileri gösteren path diyagramı çizilir. Doğrusal ilişkinin derecesi ve yönü belirlenir, ilişkinin etkileri (doğrudan veya dolaylı) ayrıştırılır ve bu ilişkiler yorumlanır. Aşağıda araştırmanın yol analizi modeli verilmiştir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4



Şekil 2. Yol Analizi Modeli

Elde edilen CMIN/DF=2,841<5; RMR=0,045<0,08; RMSEA=0,076<0,08; CFI=0,946>0,85; GFI=0,915>0,85; TLI=0,929>0,85; NFI=0,920>0,85 uyum değerleri, verilerin modele iyi uyum sağladığını göstermektedir. Aşağıda Tablo 4'te iyileştirilmiş ölçüm modeline ilişkin doğrulayıcı faktör analizi sonuçları verilmiştir.

Tablo 3. İyileştirilmiş Ölçüm Modeline İlişkin DFA Sonuçları

Constructs	Items	Estimate	Cronbach's α	AVE	CR
Sağlık Turizminde Destinasyon İmajı (STDİ)	STDİ6	,791	,913	,56	,83
	STDİ5	,795			
	STDİ4	,707			
	STDİ3	,827			
	STDİ2	,806			
	STDİ1	,604			
	STDİ7	,713			
	STDİ8	,780			
Yeniden Ziyaret Etme Niyeti (YZN)	YZN1	,559	,750	,42	,81
	YZN2	,809			
	YZN3	,542			

AVE değeri 0,50'den küçük olmakla birlikte, CR'nin 0,60 ve daha büyük olması uyum geçerliliğinin olduğunu göstermektedir (Fornell ve Larcker, 1981). Yukarıdaki tabloda hesaplanan AVE değerleri 0,42 ve daha büyük ve CR değerleri de 0,81 ve daha büyük olduğundan model uyum geçerliğini sağlamaktadır. Aşağıda Tablo 4'de yapısal model analizi sonuçları ve yol katsayıları verilmiştir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Tablo 4. Yapısal Model Analizi Sonuçları

Hypothesis	Paths	Estimate	S.E.	C.R.	P	Result
Direk Etkiler (Direct Effects)						
Sağlık Turizminde Destinasyon İmajının, Yeniden Ziyaret Etme Niyetine Etkisi						
H_1	YZN<--- STDİ	,586	,094	6,215	P<,01	Önemli

H_1: Sağlık Turizminde Destinasyon İmajının, Yeniden Ziyaret Etme Niyetine Etkisi önemlidir (P<,01). Etki derecesi pozitif yönlüdür (0,586). Yani Sağlık Turizminde Destinasyon İmajı bir birim artığında, Yeniden Ziyaret Etme Niyeti de 0,419 kat artacaktır.

SONUÇ

Sonuç olarak; path analizi ile Elde edilen CMIN/DF=2,841<5; RMR=0,045<0,08; RMSEA=0,076<0,08; CFI=0,946>0,85; GFI=0,915>0,85; TLI=0,929>0,85; NFI=0,920>0,85 uyum değerleri, verilerin modele iyi uyum sağladığını göstermektedir. Verilerin modele uyum sağlaması modelin yapı geçerliliğinin olduğunu göstermektedir. Ayrıca yine path analizi ile elde edilen modelin boyutlarına ait AVE değerleri 0,42 ve daha büyük ve CR değerleri de 0,81 ve daha büyük olduğundan model uyum geçerliğini sağlamaktadır. Güvenilirlik katsayıları (Genel Güvenilirlik Katsayısı=0,914, Sağlık Turizminde Destinasyon Imajı=0,913, Yeniden Ziyaret Etme Niyeti=0,750) olduğundan ölçek yüksek derecede güvenilir. Elde edilen sonuçlara göre; sağlık turizminde destinasyon imajının, yeniden ziyaret etme niyetine etkisinin istatistiksel olarak anlamlı düzeyde ve pozitif yönde olduğu görülmüştür. Yani sağlık turizminde destinasyon imajı olumlu yönde arttıkça sağlık turistlerinin aynı destinasyonu tekrar tercih durumları da o derece artacaktır.

KAYNAKÇA

Baker, D.A. & Crompton, J.L. (2000). Quality, satisfaction and behavioral intentions. Ann. Tour. Res. 2000, 27, 785–804.

Baloglu, S., & McCleary, K. W. (1999). A model of destination image formation. Annals of Tourism Research, 26(4), 868–897.

Bigne, J. E., Sanchez, M. I., & Sanchez, J. (2001). Tourism image, evaluation variables and after purchase behaviour: Inter-relationship. Tourism Management, 22(6), 607–616.

Byon, K. K., & Zhang, J. J. (2010). Development of a scale measuring destination image. Marketing Intelligence & Planning, 28(4), 508–532.

Cham, T. H., Lim, Y. M., Aik, N. C., & Tay, A. G. M. (2016). Antecedents of hospital brand image and the relationships with medical tourists' behavioral intention. International Journal of Pharmaceutical and Healthcare Marketing, 10(4), 412–431.

Chen, C. F., & Tsai, D. (2007). How destination image and evaluative factors affect behavioral intentions? Tourism Management, 28(4), 1115–1122.

Cheng, T. M., & Lu, C. C. (2013). Destination image, novelty, hedonics, perceived value, and revisiting behavioral intention for island tourism. Asia Pacific Journal of Tourism Research, 18(7), 766-783.

Chon, K. S. (1990). The role of destination image in tourism: A review and discussion. The Tourist Review, 45(2), 2–9.

Crompton, J. L. (1979). An assessment of the image of Mexico as a vacation destination and the influence of geographical location upon that image. Journal of Travel Research, 17(4), 18–23.

Deeparechigi, V., Ridzuan, M., & Cham, T. H. (2018). The role of destination image in Malaysia's medical tourism industry. Advanced Science Letters, 24(5), 3479–3482.

Derks, J., Giessen, L., & Winkel, G. (2020). COVID-19-induced visitor boom reveals the importance of forests as critical infrastructure. For. Pol. Econ. 2020, 118, 102253.

Echtner, C. M., & Ritchie, J. B. (1993). The measurement of destination image: An empirical assessment. Journal of travel research, 31(4), 3-13.

Jagyasi, P. (2008). Definingmedical tourism–another approach. Medical Tourism Magazine, 6, 9–11.

Kaesung, M., Ko, Y. J., & Connaughton, D. P. et al. (2013). A mediating role of destination image in the relationship between event quality, perceived value, and behavioral intention. Journal of Sport Tourism, 18(1), 49-66.

Khan, M. J., Chelliah, S., & Haron, M. S. (2016). Medical tourism destination image formation process: A conceptual model. International Journal of Healthcare Management, 9(2), 134–143.

Khan, M. J., Chelliah, S., & Haron, M. S. (2016). Medical tourism destination image formation process: A conceptual model. International Journal of Healthcare Management, 9(2), 134–143.

Kim, S. H., Holland, S., & Han, H. S. (2013). A structural model for examining how destination image, perceived value, and service quality affect destination loyalty: A case study of Orlando. International Journal of Tourism Research, 15(4), 313-328.

Lam, C. C., Du Cros, H., & Vong, T. N. (2011). Macao's potential for developing regional Chinese medical tourism. Tourism Review, 66(1/2), 68–82.

Lin, C. H., & Chin, C. T. (2016). A study of the travel information resources, destination image, and behavioral intention of college students on Kenting. Asian Journal of Business and Management, 4(6), 239-247.

Liu, X., Li, J., & Kim, W. G. (2015). The role of travel experience in the structural relationships among tourists' perceived image, satisfaction, and behavioral intentions. Tourism & Hospitality Research, 11(8), 225-232.

Lopes, S. D. F. (2011). Destination image: Origins, developments and implications. Revista de turismo y patrimonio cultural, 9(2), 305–315.

Pan, T. J., & Chen, W. C. (2014). Chinese medical tourists – Their perceptions of Taiwan. Tourism Management, 44, 108–112.

Patients Beyond Borders. (2019). Leading medical travel destinations. Retrieved from https://patientsbeyondborders.com/destination. (Erişim Tarihi: 4.12.2025).

Viladrich, A., & Baron-Faust, R. (2014). Medical tourism in tango paradise: The internet branding of cosmetic surgery in Argentina. Annals of Tourism Research, 45, 116–131.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

GENERATIONS Y, X AND BABY BOOMERS: A COMPARATIVE STUDY REGARDING INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY SKILLS

Deniz Mertkan Gezgin

Trakya University, Faculty of Engineering, 0000-0003-4688-043X

Fatma Büyüksaraçoğlu Sakallı

Trakya University, Faculty of Engineering, 0000-0002-6100-6655

Fuat Erduğan

Trakya University, Faculty of Sport Sciences, 0000-0002-5548-6947

ABSTRACT

Information and Communication Technologies (ICT) have developed rapidly over the past decade. ICT, which has become a part of everyday life, provides convenience for individuals who consciously and effectively use information, communication and mobile technologies. Digital natives, known as Generation Z, are described as the generation who were born into technology and have the highest level of orientation to it. As individuals with strong ICT skills, members of Generation Z tend to participate enthusiastically in academic studies. However, there is insufficient research on the ICT skills of older generations such as Generations Y and X and the Baby Boomer generation. In addition to this, teaching ICT skills to every generation is important for both socializing and making life easier. In addition, the use of ICT for lifelong learning is also significant for older generations to access information and maintain communication within society. In this regard, the aim of this study is to reveal the differences in ICT skills among the Y, X and Baby Boomer generations. The study group consists of 1007 individuals in total, representing each generation. This study, in which the data were obtained through the convenience sampling method, was designed using the general survey model. During the analysis process, descriptive statistics were used to assess the demographic characteristics and ICT skill levels of the participants, and independent samples t-tests along with Welch analyses were performed to determine the differences. According to the findings, while there is a difference in information technology skills in favour of men in terms of gender, no difference was found in terms of communication and mobile technologies. In terms of marital status, single individuals demonstrated significantly higher levels of information, communication, and mobile technology use skills compared to married individuals. As individuals' level of education increases, their ICT skill level increases across all sub-factors. There is a difference in education level across all ICT skills. A significant difference was not

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

observed between individuals with bachelor's and master's degrees only in mobile technology usage skills. Finally, the results obtained from intergenerational technology usage skills, which was the main objective of the study, revealed that Generation Y had the highest average in all ICT skills, while Baby Boomers had the lowest. As a result of the study's findings, it is important for public and private institutions to provide support for the launch of training programmes, particularly for the Baby Boomer and X generations, with the support of public education centres or various non-governmental organisations, and for working individuals to be able to participate in these courses.

Keywords: Digital technologies, ICT skills, quantitative study, lifelong learning, generations.

INTRODUCTION

Information and communication technologies (ICT) have become a fundamental area of competence that transforms almost every aspect of daily life (Sönmez & Yakut, 2022). Many activities, such as banking transactions, access to healthcare services, e-government applications, online shopping, and social interaction, are now conducted through digital environments. Therefore, individuals' ICT skill levels directly affect not only how often they use technology but also their participation in social life, their professional development, and their lifelong learning processes. Possessing sufficient skills, particularly in the areas of information technology, communication technology, and mobile technology, is considered critical for adapting to digital transformation at both the individual and societal levels.

One of the areas where digital transformation is most clearly felt is the generational gap. It is generally known that younger generations adapt more quickly to digital environments and are described as 'digital natives' (Prensky, 2001), while older age groups, who could be termed 'digital immigrants,' are relatively late and limited in their adoption of these technologies (Karabulut, 2015). However, in an era where technological tools are so integrated into daily life, ICT skills are becoming important not only for younger generations but also for middle-aged and older age groups such as Generation Y (born between 1977 and 1995), Generation X (born between 1965 and 1976), and Baby Boomers (born between 1946 and 1964), both in terms of social participation and quality of life. Digital skills play a critical role for older individuals in particular in terms of reducing social isolation, maintaining communication with family members, and facilitating access to public services (Uysal, 2020). In this context, it is stated that countries where ICT use is widespread can generally achieve more sustainable

economic prosperity and rank among the strongest economies globally (Demir, 2022; Özkan & Çelik, 2018).

When studies conducted in the Turkish context are examined, it is seen that research on ICT skills largely focuses on relatively young groups such as students and teacher candidates (Bağcı et al., 2020; Bursal & Yiğit, 2021; Demiralay & Karadeniz, 2010; Yurdakul, 2011). A study examining the ICT skills of teacher candidates reported that participants generally possessed medium or higher levels of digital skills, but that these skills varied according to sub-dimensions (Bağcı et al., 2020). Similarly, studies on university students' ICT proficiency indicate that digital skills can vary according to demographic variables; in particular, educational level and usage experience increase skill level (Eryılmaz, 2018; İhtiyaroğlu & Ulucan, 2022). However, a significant portion of these studies focus on a single generation or a narrow age range, with limited intergenerational comparisons.

Scale development and adaptation studies aimed at measuring ICT skills have made significant contributions to the field. The scale developed by Wilkinson, Roberts, and While (2010) to measure students' ICT skills, experiences, and attitudes towards e-learning encompasses three main sub-dimensions: information technologies, communication technologies, and mobile technologies. The Turkish adaptation of this scale was carried out by Haznedar (2012) and was reported to be a valid and reliable measurement tool in a sample of university students. In current studies, the use of such scales in different age groups allows for a more comprehensive presentation of ICT skill profiles by generation.

On the other hand, it is noted that digital literacy and skills studies conducted with older age groups are relatively limited, but existing findings indicate that older individuals who effectively use new communication technologies participate more actively in daily life. A study conducted by Prensky (2009) revealed that Generation Y, currently aged between 40 and 50, uses technological tools more functionally and benefits from technology to make their work easier. Similarly, a study conducted by Becerikli (2013) on the older age group emphasises that older individuals are more involved in social life thanks to the use of new communication technologies in areas such as internet banking, health services, e-government applications, and communication with relatives. The findings of another study indicate that Generation Y mostly uses technology for entertainment and pleasure, while Generation X uses technology more for utilitarian purposes and information seeking (Calvo-Porral & Pesqueira-Sanchez, 2020). These findings show that the elderly population uses digital tools not only for entertainment or leisure

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

activities, but also to meet their basic needs and maintain their social relationships. However, the studies in question mostly focus on qualitative descriptions and predominantly feature individuals belonging to the current Generation Y or, when slightly expanded, Generation X, with limited quantitative comparisons between generations in terms of Baby Boomers.

In this context, comparing the ICT skill levels of individuals from different generations within similar samples and using a common measurement tool has the potential to fill an important gap in the literature. In particular, examining the ICT skill levels of the Y, X, and Baby Boomer generations in conjunction with demographic variables such as gender, marital status, and education level is important for understanding the dimensions of the digital divide (Sönmez & Yakut, 2022) and for developing concrete recommendations for lifelong learning (Berberoğlu, 2010) and adult education policies. Considering the rapidly digitising public and private sector services in Turkey, quantifying the ICT skill differences between generations will provide guidance for policy makers and education planners. In this context, answers were sought to the following research questions:

1. What is the level of participants' ICT skills?
2. Is there a difference in participants' ICT skill levels according to gender?
3. Is there a difference in participants' ICT skill levels according to marital status?
4. Is there a difference in participants' ICT skill levels according to educational status?
5. Is there a difference in participants' ICT skill levels according to generation?

METHOD

The study was designed using a general survey method. Survey studies are a descriptive approach that aims to reach generalisations about a broad universe by describing a situation that existed in the past or currently exists as it is; surveys are usually conducted on the entire universe or on a representative sample with high representativeness in a universe containing a large number of units. In this method, data are usually collected quantitatively, numerically, through questionnaires and/or structured interviews. The researcher quantitatively defines trends, attitudes, and opinions through a sample and aims to generalise the findings to the population (Creswell, 2002). In this context, the study will describe the ICT skill levels of individuals from different generations.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Participants

Participants comprised a total of 1,007 individuals reached through convenience sampling in an online survey conducted in May 2024. The sample included 528 women (52.4%) and 479 men (47.6%). Generational classification in the study was based on the participants' declared years of birth and was operationally defined as follows: Generation Y (1977–1995), Generation X (1965–1976), and Baby Boomers (1946–1964). Although generational boundaries may vary slightly across studies, these ranges broadly reflect a commonly accepted classification. Participation in the data collection process was voluntary, and participants completed the research form after approving the online informed consent form. Table 1 presents the demographic data for the participants.

Table 1. *Demographics*

Variables	Categories	Gen Y (1977-1995)	Gen X (1965-1976)	Gen Baby Boomers (1946-1964)	N	%
Gender	Male	142	174	163	479	47.6
	Female	209	158	161	528	52.4
Marital Status	Single	113	40	56	209	20.8
	Married	238	292	268	798	79.2
Educational Status	Primary school	21	57	240	318	31.6
	Secondary school	29	70	34	133	13.2
	High school	74	79	24	177	17.6
	Bachelor's degree	178	97	24	299	29.7
	Master's degree	49	29	2	80	8.0

Data Collection Tools

The data for the study were collected using an online questionnaire consisting of two sections. The first section of the questionnaire contained questions to obtain participants' variables such as gender, age, marital status, and educational status. The second section utilised the 'ICT Skills Scale' developed by Wilkinson et al. (2010) and adapted into Turkish in a thesis study (Haznedar, 2012). The scale consists of a total of 28 items covering the sub-dimensions of 'information technologies,' 'communication technologies,' and 'mobile technologies.' The scale is answered using a 5-point Likert scale (1=Strongly Disagree … 5=Strongly Agree), and

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

the possible scores range from 28 to 140. In the thesis study, the internal consistency of the scale was found to be 0.933. In this study, this value was found to be .987.

Data Collection Process and Analysis

The study was conducted on a voluntary basis, with participants selected through convenience sampling. Data were collected online via a research form over a period of one month throughout May 2024. Before starting to fill out the form, all participants read an information sheet explaining the purpose, procedures, risks/benefits, confidentiality, and contact information of the study and then provided electronic informed consent. Completing the research form took approximately five minutes.

The IBM SPSS Statistics programme was used to analyse the data. Before starting the analyses, the kurtosis and skewness values were examined to ensure normality assumptions. As a result of the assumption checks, the kurtosis and skewness values were found to be between -2 and +2 (Pallant, 2001). In this respect, it was assumed that the data were normally distributed. The Levene test was used to test the homogeneity assumption. Descriptive statistics and independent samples t-tests (Welch test when variances were unequal) were used in the analyses for comparisons between gender groups. For comparisons between generations (Baby Boomers, X, and Y), one-way ANOVA (or Welch ANOVA when homogeneity was violated) and Games–Howell post hoc tests for unequal variances/sample sizes were used.

FINDINGS

The findings are presented in the order of the research questions. When examining the first research question, ‘1. What is the level of participants' ICT skills?’, the average ICTS score for participants was calculated as 3.03, the average ITS score as 2.68, the average CTS score as 3.25, and finally, the average MTS score as 3.69. As can be seen, the participants' MTS skills are higher than their other skills. Table 2 shows the skill levels for the scales and their sub-dimensions.

Table 2. *Descriptive statistics for the scale and its subscales*

Scale & Subscales	N	Min	Max	Mean	Std. Dev.	Skewness	Kurtosis
ITS	1007	1.00	5.00	2.68	1.451	.191	-1.439
CTS	1007	1.00	5.00	3.25	1.465	-.398	-1.326
MTS	1007	1.00	5.00	3.69	1.384	-.763	-.809
ICTS	1007	1.00	5.00	3.03	1.376	-.114	-1.413

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Notes. ITS: *Information Technology Skills*, CTS: *Communication Technology Skills*, MTS: *Mobile Technology Skills*, ICTS: *Information and Communication Technology Skills.*

When examining participants' ICT skill levels by gender, the results of the independent samples t-test revealed a significant difference only in favour of males in terms of ITS (p<.05). No other differences were found in terms of other skills. The analysis results are listed in Table 3.

Table 3. *Gender Differences in ICT Skill Scores*

Scale	Gender	N	Mean	SD	t	p
ITS	Male	479	2.81	1.481	2.586	.01*
	Female	528	2.57	1.423		
CTS	Male	479	3.29	1.462	0.839	.40
	Female	528	3.22	1.474		
MTS	Male	479	3.73	1.372	0.724	.47
	Female	528	3.66	1.401		
ICTS	Male	479	3.11	1.401	1.845	.07
	Female	528	2.95	1.363		

*p<0.05

When examining participants' ICT skill levels according to marital status, the results of the independent sample t-test revealed differences only in favour of single individuals in terms of all ICT skills (p<.01, p<.05). The analysis results are listed in Table 4.

Table 4. *Marital Status Differences in ICT Skill Scores*

Scale	Marital status	N	Mean	SD	t	p
ITS	Single	209	3.19	1.510	5.718	.00**
	Married	798	2.55	1.412		
CTS	Single	209	3.55	1.573	3.184	.00**
	Married	798	3.17	1.433		
MTS	Single	209	3.88	1.472	2.170	.03*
	Married	798	3.65	1.364		
ICTS	Single	209	3.42	1.481	4.352	.00**
	Married	798	2.92	1.332		

*p<0.05; **p<0.01

The analysis of participants' ICT skill levels according to their educational status was conducted using Welch's test, as the assumption of homogeneity could not be established.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

According to the analysis results, significant differences were detected in all skills. Subsequently, group differences were identified using the Games-Howell post-hoc test.

Welch F for ITS (4, 327.346) =576.897, p<.01; Games-Howell results showed the ranking Master's > Bachelor's > High School > Middle School > Primary School between levels, and all pairwise comparisons were found to be significant (Master's − Bachelor's MD=0.34, 95% CI [0.04, 0.63], p=.018; Bachelor's − High School MD=0.94, 95% CI [0.66, 1.21], p<.01; High School − Middle School MD=1.02, 95% CI [0.70, 1.34], p<.01; Middle school − Primary school MD=0.68, 95% CI [0.45, 0.92], p<.01.).

Welch F for CTS (4, 357.393) =552.973, p<.01; again, the Master's > Bachelor's > High school> Middle school> Primary school ranking was obtained, all pairs are significant (Master's degree − Bachelor's degree MD=0.23, 95% CI [0.04, 0.43], p=.009; Bachelor's − High School MD=0.68, 95% CI [0.47, 0.90], p<.001; High school − Middle school MD=0.83, 95% CI [0.53, 1.12], p<.01; Middle school − Primary school MD=1.27, 95% CI [1.00, 1.55], p<.01.).

Welch F for MTS (4, 350.183) =286.949, p<.01; overall rank Master's- Bachelor's> High School> Middle School> Primary School, with all other pairwise comparisons significant, while the Bachelor's − Master's difference is not significant (Master's − Bachelor's MD=0.16, 95% CI [−0.03, 0.35], p=.165 (not significant); Bachelor's − High School MD=0.39, 95% CI [0.18, 0.60], p<.01; High School − Middle School MD=0.67, 95% CI [0.36, 0.98], p<.01; Middle School − Primary School MD=1.31, 95% CI [1.01, 1.61], p<.01.).

Welch F for ICTS (4, 341.457) =647.182, p<.01; the ranking is Master's> Bachelor's> High School > Middle School > Primary School, and all pairs are significant (Master's – Bachelor's MD=0.27, 95% CI [0.04, 0.51], p=.011; Bachelor's − High School MD=0.77, 95% CI [0.54, 0.99], p<.01; High School − Middle School MD=0.90, 95% CI [0.63, 1.17], p<.001; Middle School − Primary School MD=0.96, 95% CI [0.74, 1.19], p<.01). These findings indicate that, in almost all four scales, ICT skill levels are statistically significantly higher as the level of education increases. The analysis results are listed in Table 5.

Table 5. *Welch's ANOVA for Education Level Differences in ICT Skill Scales*

Scale	Welch F	df1	df2	p	Difference
ITS	576.897	4	327.346	.00**	5> 4, 5> 3, 5> 2, 5>1, 4>3, 4>2, 4>1, 3>2, 3>1, 2>1
CTS	552.973	4	357.393	.00**	5> 4, 5> 3, 5> 2, 5>1, 4>3, 4>2, 4>1, 3>2, 3>1, 2>1

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

MTS	286.949	4	350.183	.00**	5> 3, 5> 2, 5> 1, 4>3, 4>2, 4>1, 3>2, 3>1, 2>1
ICTS	647.182	4	341.457	.00**	5> 4, 5> 3, 5> 2, 5>1, 4>3, 4>2, 4>1, 3>2, 3>1, 2>1

**p<0.01; *1: Primary school, 2: Secondary school, 3: High school, 4:* Bachelor's degree, *5:* Master's degree

When comparing ICTS skill levels across generations, the Games–Howell test was applied following Welch ANOVA, as the homogeneity assumption was not met. According to the analysis results, Generation Y > Generation X > Baby Boomers, and all pairwise differences are significant (p<.01). In terms of ITS, Y−X MD=0.95, 95% CI [0.73, 1.16]; X−Baby Boomers MD=1.29 [1.08, 1.50]; Y−Baby Boomers MD=2.24 [2.05, 2.42]. For CTS, Y−X MD=0.75 [0.58, 0.91]; X−Baby Boomers MD=1.86 [1.66, 2.05]; Y−Baby Boomers MD=2.61 [2.43, 2.78]. For MTS, Y−X MD=0.50 [0.36, 0.63]; X−Baby Boomers MD=1.93 [1.74, 2.12]; Y−Baby Boomers MD=2.43 [2.25, 2.60]. For total ICTS, Y−X MD=0.81 [0.64, 0.98]; X−Baby Boomers MD=1.57 [1.38, 1.75]; Y−Baby Boomers MD=2.38 [2.21, 2.54]. These findings indicate that the younger generations have statistically significantly higher ICT skill levels across all four scales. The analysis results are listed in Table 6.

Table 6. *Welch's ANOVA for Generations Differences in ICT Scales*

Scale	Welch F	df1	df2	p	Difference
ITS	404,308	2	660,850	,00**	3> 2, 3>1, 2>1
CTS	606,593	2	646,763	,00**	3> 2, 3>1, 2>1
MTS	545,953	2	617,947	,00**	3> 2, 3>1, 2>1
ICTS	567,437	2	658,378	,00**	3> 2, 3>1, 2>1

**p<0.01; *1: Baby Boomers, 2: Gen X, 3: Gen Y*

DISCUSSION AND CONCLUSION

This study aimed to examine the ICT skill levels of individuals belonging to various generations (Generation Y, Generation X, and Baby Boomers) in terms of gender, marital status, and education level variables, and to determine whether there was a significant difference in ICT skills between generations. The general findings showed that the participants' ICT skill levels were generally at an intermediate level. When the sub-dimensions were examined, the highest average score was observed in MTS, followed by CTS, ITS. This suggests that participants feel more competent in using smartphones and mobile internet applications than in performing computer-based tasks. Given the widespread use of smartphones in daily life and the fact that many online services are now offered in a mobile-

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

friendly format, it is to be expected that MTS scores are higher than CTS and, in particular, ITS scores. In contrast, ITS involves more complex operations on a computer, and the fact that not everyone has regular access to or ownership of a computer may be considered a factor explaining the relatively low scores observed in this dimension.

Another finding of the study indicates that there is a significant difference in ITS levels in favour of male participants, but no significant difference based on gender in other sub-dimensions (CTS, MTS, ICTS). This suggests that men may have a higher sense of self-efficacy, particularly in computer-based tasks such as software installation, file management, technical troubleshooting, etc. As the ITS dimension generally covers more technical and complex computer operations, this difference can be explained by factors such as gender roles, early exposure to technology, or individual interests (Gezgin & Avci, 2025). In particular, the tendency of males to spend more time with computers during childhood and adolescence (Volman et al., 2005) may lead them to be more experienced in such tasks and thus to have higher skill scores. This is supported in the literature; for instance, a study has found that males have greater self-efficacy, particularly in technical matters, and report higher computer skills (Tømte & Hatlevik, 2011). A retrospective study covering Baby Boomers and Generation X suggests that this is a form of digital divide rooted in the socialisation patterns of boys and girls, interacting with the stereotype that computers are toys for boys (Cooper, 2006). However, the absence of gender differences in technological tools that are more common in daily use, such as CTS and MTS, indicates that the gender-based gap in these areas has narrowed with the proliferation of technology. This finding is important for understanding the sub-dimensions of digital inequalities. Although there is no general difference in technology use, a gender-based difference is still observed in technically complex tasks (Görgün-Baran & Erdem, 2017). In this regard, special training programmes and practical courses that support the technical competence of females in the field of information technology can be recommended.

According to participants' marital status, the study revealed that single individuals scored significantly higher than married individuals across all ICT skill dimensions. This indicates that the frequency and variety of digital tool usage are closely related to an individual's daily responsibilities and lifestyle. Single individuals have higher levels of digital literacy and can use digital technologies more effectively because they can manage their time more flexibly and interact more intensively with online environments (Dağlıoğlu, 2023; Yeşildal, 2018; Erbir, 2021). At the same time, this situation also shows that younger generations have an advantage in terms of digital skills; since the average age of married individuals is higher, this may

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

partially explain the difference in digital competence (Gezgin et al., 2022). Therefore, an individual's marital status is not only a social variable but also encompasses lifestyle and age-related factors that may determine their level of digital competence. This finding indicates the need to develop more flexible and accessible educational models aimed at enhancing the digital competence of married individuals.

When examining participants' ICT skills according to their educational background, significant differences were found across all ICT skills. It was observed that as the level of education increased, skill levels also rose significantly in ITS, CTS, MTS, and general ICT skills. According to the analyses, the ranking progressed in descending order as master's degree, bachelor's degree, high school, middle school, and primary school, and almost all pairwise comparisons were found to be statistically significant. In particular, in ITS, CTS, and ICTS skills, individuals with master's degrees scored significantly higher than all other groups. In MTS skills, however, only the difference between master’s and Bachelor's was found to be insignificant; this indicates that mobile technologies may be widely used independently of educational level. These results show that educational level is a critical variable in increasing proficiency, particularly in traditional and multi-faceted digital technologies. However, it has been found that as educational level increases, individuals' technological literacy and ability to effectively use digital tools develop significantly. This is consistent with previous studies in the literature indicating a positive relationship between digital competence and educational level at any age (Burma & Özdemir, 2024; Gezgin & Avci, 2025; Sönmez & Yakut, 2022).

Finally, the study found significant differences in information technology, communication technology, and mobile technology skills between Generation Y, Generation X, and the Baby Boomer generation. It was determined that Generation Y possessed the highest level of ICT skills, followed by Generation X, with the Baby Boomer generation ranking lowest. This finding reveals that Generation Y, which is at the centre of technological developments, uses digital tools more effectively and has a more intense relationship with technology. Supporting this, Kuyucu (2017) also reported that Generation Y actively uses tools such as mobile phones, the internet and television every day; they see mobile phones as the most indispensable means of communication, while there has been a marked decline in the use of traditional media. These results are consistent with high skill scores, particularly in the field of mobile technology. The lower ICT skill scores of Baby Boomers generation individuals may stem from this generation's relatively late adoption of technological changes. Because they were born at a time when digital technologies had not yet been created or were not widely used, Baby

Boomers, who are considered ‘digital immigrants,’ may perceive technology as challenging and may feel less comfortable with computers and digital tools because they are not technologically savvy (Kılıç & Akça, 2024). Furthermore, this generation largely consists of retirees and uses digital technologies based on preference rather than necessity. This situation can be linked to their low frequency of use and perceived skills, particularly regarding mobile and communication technologies. Generation X, as a transitional generation, grew up during a period of rapid technological development but lags behind Generation Y in terms of usage. Indeed, despite playing an active role in the development of many widely used technological products today (Kuyucu, 2017), they are observed to be less effective than Generation Y in terms of digital literacy and adaptation to mobile applications.

Based on the findings of the study, several recommendations have been developed. In particular, for individuals from the X and Baby Boomers generation, in-service training programmes, public education courses, training provided through university continuing education centres, and projects supported by civil society organisations aimed at improving ICT skills should be encouraged. Indeed, previous studies also support that individuals' ICT skill levels increase significantly when they participate in any training or course programme (Eryılmaz, 2018). Although digital literacy studies covering older age groups are limited in number, existing findings show that older individuals who actively use new communication technologies become more integrated into life and can effectively use these technologies in many areas of daily life, such as internet banking, hospital appointments, access to e-government services, communication with relatives, and online shopping (Becerikli, 2013). In this context, it is considered that digital skills development programmes organised for individuals who are still actively working or who have retired are important in terms of social integration, digital inclusion and improving quality of life.

REFERENCES

Bağcı, H., Üngören, Y., Horzum, M. B., & Ünsal, İ. (2020). Öğretmen adaylarının bilgi ve iletişim teknolojileri becerilerinin incelenmesi. *Journal of Interdisciplinary Education: Theory and Practice, 2*(1), 43-54.

Becerikli, S. Y. (2013). Kuşaklararası İletişim Açısından Yeni İletişim Teknolojilerinin Kullanımı: İleri Yaş Grubu Üzerine Bir Değerlendirme. *İstanbul Üniversitesi İletişim Fakültesi Dergisi| Istanbul University Faculty Of Communication Journal, 44,* 19-31.

Berberoğlu, B. (2010). Yaşam boyu öğrenme ile bilgi ve iletişim teknolojilerin açısından Türkiye'nin Avrupa birliğindeki konumu. *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi, 5*(2).113-126.

Burma, Z. A., & Özdemir, A. A. (2024). Ülkelerin Gelir Düzeyleri ve Ağa Hazırlık Endeksi Bileşenlerinin: Dijital Göçmen Yaşlı Bireylerin Internet ve Sosyal Medya Kullanımlarına Etkileri. *Dünya İnsan Bilimleri Dergisi*, *2024*(1), 1-31.

Bursal, M., & Yiğit, N. (2012). Fen ve teknoloji öğretmen adaylarının bilgi iletişim teknolojileri (BİT) kullanımı ve materyal tasarımı özyeterlik inanışları. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimi, 2*(2), 1073-1088.

Calvo-Porral, C., & Pesqueira-Sanchez, R. (2020). Generational differences in technology behaviour: comparing millennials and Generation X. *Kybernetes*, *49*(11), 2755-2772.

Cooper, J. (2006). The digital divide: The special case of gender. *Journal of computer assisted learning*, *22*(5), 320-334.

Creswell, J. W. (2002). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative* (Vol. 7). Prentice Hall Upper Saddle River, NJ.

Dağlıoğlu, G. (2023). *Sınıf öğretmenlerinin bilişim teknolojileri ve internet kullanımı özyeterlik algıları.* Tezsiz Yüksek Lisans Projesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Pamukkale Üniversitesi, Türkiye.

Demir, G. (2022). Bilgi ve iletişim teknolojisinin G8 ülkelerindeki gelişiminin değerlendirilmesi. *Journal of Business and Communication Studies, 1*(2), 165-178.

Demiralay, R., & Karadeniz, Ş. (2010). Bilgi ve iletişim teknolojileri kullanımının, ilköğretim öğretmen adaylarının bilgi okuryazarlığı öz-yeterlik algılarına etkisi. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri (KUYEB), 10*(2), 819-851.

Erbir, M. (2021). Hemşirelik Mesleğinde Dijital Okuryazarlık: Kayseri İli Örneği. *Ekonomi İşletme Siyaset ve Uluslararası İlişkiler Dergisi, 7*(2), 336-352.

Eryılmaz, S. (2018). Öğrencilerin bilgi ve iletişim teknolojileri yeterliliklerinin belirlenmesi: Gazi Üniversitesi, Turizm Fakültesi örneği. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, *17*(65), 37-49.

Gezgin, D. M., & Avci, S. (2025, September). *Examination of teachers' digital literacy levels in the era of digitalization in education* (pp.535-551). Efes International Scientific Research and Innovation Congress-III, İstanbul, Türkiye.

Gezgin, D. M., Hamutoglu, N. B., Başarmak, U., & Dağlı, E. S. (2020). Akıllı Telefon Kullanım Becerisi Bağlamında Okul Öncesi Öğretmenlerinin Nomofobi Eğilimlerinin İncelenmesi. *Mediterranean Educational Research Journal/Akdeniz Eğitim Araştırmaları Dergisi*, *14*(65), 1-16. https://doi.org/10.29329/mjer.2020.258.1.

Görgün-Baran, A., & Erdem, M. T. (2017). Bilgi toplumunda dijital bölünme: bilişim ve iletişim teknolojileri kullanım yetenekleri üzerinden bir tartışma. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, *22*(Kayfor 15 Özel Sayısı), 1505-1518.

Haznedar, Ö. (2012). *Üniversite öğrencilerinin bilgi ve iletişim teknolojileri becerilerinin ve e-öğrenmeye yönelik tutumlarının farklı değişkenler açısından incelenmesi*. Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Türkiye.

İhtiyaroğlu, N., & Ulucan, Ö. (2022). Öğretmen adaylarının bilgi, medya ve teknoloji becerileri ile uzaktan eğitime yönelik görüşleri arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Milli Eğitim Dergisi, 51*(235), 2559-2580.

Karabulut, B. (2015). Bilgi toplumu çağında dijital yerliler, göçmenler ve melezler. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 21,* 11-23.

Kılıç, S., & Akca, Ü. (2024). Baby Boomers ve Z Kuşağındaki Yetişkinlerin Dijital Teknoloji Kullanımları ve Kuşaklararası Dijital Dayanışma. *8gen-ART, 4*(1), 27-42.

Kuyucu, M. (2017). Y Kuşağı ve Teknoloji: Y Kuşağının İletişim Teknolojilerini Kullanım Alışkanlıkları. *Gümüşhane Üniversitesi İletişim Fakültesi Elektronik Dergisi*, *5*(2), 845-872.

Özkan, G. S., & Çelik, H. (2018). Bilgi İletişim Teknolojileri ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Türkiye İçin Bir Uygulama. *Uluslararası Ticaret ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, *2*(1), 1-15.

Pallant, J. (2001). *SPSS survival manual*. Buckingham: Open University Press.

Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants. From On the Horizon. *MCB University Press*, *9*(5), 1-6.

Prensky, M. (2009). H. sapiens digital: From digital immigrants and digital natives to digital wisdom. *Innovate: journal of online education*, *5*(3). Retrieved November 16, 2025 from https://www.learntechlib.org/p/104264/.

Sönmez, Ö. K., & Yakut, E. (2022). Bireylerin internet-dijital cihaz kullanım becerilerini değerlendirmelerinde etkili olan faktörlerin belirlenmesi. *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, *12*(3), 2551-2587.

Tømte, C., & Hatlevik, O. E. (2011). Gender-differences in self-efficacy ICT related to various ICT-user profiles in Finland and Norway. How do self-efficacy, gender and ICT-user profiles relate to findings from PISA 2006. *Computers & Education*, *57*(1), 1416-1424.

Uysal, M. T. (2020). Yaşlı bireylerin sosyalleşmesinde dijital teknolojinin rolü: dijital yaşlılar üzerine bir çalışma. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, *50*, 43-59.

Volman, M., Van Eck, E., Heemskerk, I., & Kuiper, E. (2005). New technologies, new differences. Gender and ethnic differences in pupils' use of ICT in primary and secondary education. *Computers & Education, 45*(1), 35-55.

Wilkinson, A., Roberts, J. & While, A. E. (2010). Construction of an instrument to measure student information and communication technology skills, experience and attitudes to e-learning. *Computers in Human Behavior, 26,* 1369-1376. https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.04.010.

Yeşildal, M. (2018). *Yetişkin bireylerde dijital okuryazarlık ve sağlık okuryazarlığı arasındaki ilişki: konya örneği.* Yüksek Lisans Tezi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya.

Yurdakul, İ. K. (2011). Öğretmen adaylarının teknopedagojik eğitim yeterliklerinin bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanımları açısından incelenmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 40*(40), 397-408.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ATHLETE BURNOUT: PSYCHOLOGICAL DETERMINANTS, HEALTH-RELATED OUTCOMES AND PREVENTION STRATEGIES

Fuat ERDUĞAN

Trakya University, fuaterdugan@trakya.edu.tr, 0000-0002-5548-6947

Ecem ATABAY

Madalyon Psychiatry Clinic, ecem.atabay@madalyonklinik.com, 0000-0002-3009-8980

Deniz Mertkan GEZGİN

Trakya University, mertkan@trakya.edu.tr, 0000-0003-4688-043X

ABSTRACT

This study aims to investigate the psychological causes of burnout syndrome in athletes, its health-related effects, and prevention interventions within a comprehensive framework. The research constitutes a systematic narrative review derived from searches utilizing pertinent keywords throughout Google Scholar, PubMed, Web of Science, Scopus, SportDiscus, ULAKBİM, and DergiPark; exclusively peer-reviewed and full-text papers were incorporated. Research demonstrates that burnout correlates with depressive symptoms, diminished life satisfaction, and medical ailments, extending beyond mere performance degradation; it is especially closely connected with perceived stress and despair. Prevention encompasses essential elements like psychoeducation, cognitive-behavioral strategies, mindfulness techniques, management of sleep and diet, social support systems, and structured training programs. Facilitating coaches in sports psychology via organizational-level counselling services and stress management training enhances early awareness. Additionally, straightforward wearable devices that offer fundamental load and sleep tracking, along with brief mindfulness-oriented mobile activities, can facilitate early detection and self-regulation. In conclusion, athlete burnout is a complex issue at both individual and organizational levels and necessitates interdisciplinary interventions; this integration safeguards psychological well-being and fosters sustainable performance.

Keywords: Burnout, stress, sport psychology, prevention strategies, digital monitoring

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

INTRODUCTION

Currently, sport is more than just a physical activity; it plays a significant role in individuals' lives through its professional, academic, and social dimensions. Throughout the journey from childhood to adulthood, it provides a powerful context for learning and socialisation that supports the development of transferable skills such as discipline, resilience, and time management. However, while recreational sport is primarily pursued with health and quality of life objectives in mind, competitive sport places greater emphasis on performance and constant external evaluation. Athletes face intense physical training as well as high-level psychological pressures in order to maximise their performance. The stress, anxiety, pressure of expectations, and fear of failure experienced during this process can negatively affect athletes' mental health. Indeed, the concept of burnout syndrome in athletes has become an increasingly important phenomenon in sports psychology literature in recent years (Goodger et al., 2007; Gustafsson et al., 2017).

Burnout syndrome is a multidimensional process that can result in decreased emotional, physical, and mental energy, loss of motivation, disengagement from sport, and a decline in performance (Raedeke & Smith, 2001). Highly competitive environments, intense training loads, increased expectations, and lack of social support are seen as significant psychological factors contributing to burnout in athletes (Gustafsson et al., 2011). Furthermore, burnout can be observed not only in professional athletes but also in individuals who participate in sports at an amateur level (Isoard-Gautheur et al., 2016). A review of the literature reveals that burnout is closely related to motivational processes, psychological resilience, coping strategies, and social support factors (Cresswell & Eklund, 2007; Smith, 1986). This process is conceptualised as a multi-stage response to chronic stress within the framework of Smith's cognitive-emotional model (Smith, 1986). In young athletes in particular, burnout can lead to serious consequences, including early retirement from sport (Gustafsson et al., 2017).

From this perspective, understanding the psychological causes of burnout and developing preventive strategies has become a critical necessity for both the sustainability of individual performance and the protection of the athlete's mental health. Accordingly, the aim of this study is to examine the psychological foundations of burnout syndrome in athletes and to present current strategies for preventing burnout. Thus, it will contribute to the literature in the field of sports science and provide practical recommendations to practitioners such as coaches, sports psychologists, and sports managers.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

METHOD

The method of this study is a structured narrative synthesis summarising published research on burnout in athletes (Baumeister & Leary, 1997). Unlike systematic reviews, which utilise guidelines such as the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) statement, there is no accepted guideline for narrative reviews in this type of non-systematic study (Ferrari, 2015). The study searched Google Scholar, PubMed, Web of Science, Scopus, and SportDiscus; for Turkish literature, ULAKBİM, DergiPark, and institutional library catalogues/accesses were used. The study was limited to sources accessible only from academic journals and reliable databases, excluding non-systematic publications. Keywords such as 'athlete burnout', 'sport psychology', 'burnout prevention', 'psychological resilience', 'stress management in athletes' and 'coping strategies' were used. Inclusion criteria for the study included a sample consisting of athletes, burnout being the main theme/outcome, and the publication being a full text in Turkish or English in peer-reviewed journals. No specific year range was used for the study.

THEORETICAL FRAMEWORK

Burnout

Maslach and Leiter conceptualize burnout as an individual-level syndrome that involves emotions, attitudes, motives and expectations, and characterise it as a negative experience marked by distress, dysfunctional functioning and adverse consequences (Maslach & Leiter, 2000). According to this approach, burnout consists of three core dimensions: emotional exhaustion, depersonalisation (loss of social interest) and a reduced sense of personal accomplishment. The Maslach Burnout Inventory (MBI) was developed as a psychometric tool that makes these dimensions objective and measurable (Maslach & Jackson, 1981a, 1981b; Maslach et al., 1997).

Freudenberger (1974), in another pioneering approach in the field, refers to the literal meaning of the concept and considers burnout as a multidimensional phenomenon involving the attrition, depletion, or failure of energy, strength, or individual resources as a result of excessive demands (Suran & Sheridan, 1985). Drawing on a psychoanalytic framework, Freudenberger describes burnout as biological and physical symptoms (exhaustion, fatigue, susceptibility to infections/colds, stomach complaints), behavioural and emotional symptoms (irritability, depressive mood, tendency to cry and outbursts of anger, paranoid symptoms, increased risky behaviour, sarcastic attitudes) and cognitive, social and performance-related

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

impairments (decreased flexibility of thought, inefficient but long working hours, social isolation).

According to Pines (1993), long-term effort towards strong personal values is a necessary process component in the emergence of burnout. Similarly, the emphasis on process also occupies an important place in Maslach's conceptualisation. The most important advantage of Maslach's approach is that it operationalises burnout in a way that distinguishes it from other psychological constructs, making it measurable and enabling comprehensive empirical research in the literature.

Burnout in Athletes

Burnout in sport, as first identified in the pioneering studies by Smith (1986) and Gould (1983), has been the subject of numerous studies in subsequent years (Dale & Weinberg, 1990). The concept of burnout has made significant contributions to understanding critical outcomes such as quitting sport, sports injuries, and commitment to sport (Schmidt & Stein, 1991). At the behavioural level, it has been reported that burnt-out athletes participate less in training, reduce their training load, experience motivation problems, exhibit weaker coping strategies, and generally have a longer history in sport (Gould et al., 1996). Research conducted by Gould and colleagues on tennis players has shown that Smith's (1986) chronic stress model provides a robust framework for explaining the causes and consequences of burnout. Therefore, the chronic stress model can be considered a fundamental theoretical basis for understanding burnout in athletes.

Cohn (1990) identified factors such as excessive training and competition load, decreased enjoyment of sport, and excessive pressure from oneself or one's environment as the main sources of burnout. In addition, stress related to injuries and the process of returning to training after an injury can significantly increase both the intention to quit sport and the risk of burnout. These theoretical models and experimental findings reveal that monitoring the athlete's stress and recovery status plays a critical role in managing training processes and preventing burnout.

In this context, it is possible to detect signs of burnout and reluctance in the early stages through scales developed for athletes or developed to date. In order to maintain high-level performance, athletes and coaches need to be able to quickly distinguish whether a decline in performance is due to training or to non-training stressors. Especially during periods of high demands, it is important to systematically obtain information about the athlete's stress level and recovery status before negative consequences arise. Adequate recovery must be ensured not only during passive rest periods but also in a planned and structured manner; otherwise,

overtraining (Henschen, 1993; Raglin, 1993) and the accompanying burnout process may become inevitable.

FINDINGS

The Relationship Between Perceived Stress and Depression and Burnout in Athletes

A review of the literature reveals that perceived stress is one of the most fundamental determinants of burnout in athletes. Regardless of age group, as an athlete's stress level increases, the likelihood of experiencing burnout also increases, negatively impacting their motivation, both athletic and academic performance, and commitment to sport (Sorkkila, 2017; Lin et al., 2022). It has been reported that prolonged periods of stress, combined with physical and psychological strain, further increase the risk of burnout. In fact, stress and burnout in sport are intertwined. One study demonstrating this found that higher levels of burnout were associated with higher levels of stress (Tabei et al., 2012). Indeed, failure to prevent burnout in one team member can lead to its spread to other team members, thereby negatively affecting the team's overall success (Raedeke & Smith, 2001).

It is also known that burnout is closely related to depression (Gerber et al., 2018; De Francisco et al., 2016; Nixdorf et al., 2020). Depressive mood, loss of enjoyment, and low motivation are frequently observed in athletes experiencing burnout. Furthermore, it has been established that stress not only directly affects depression but also creates an indirect effect through burnout. Consequently, it is understood that stress, burnout, and depression are interrelated processes in athletes; without adequate recovery and effective stress management strategies, performance decline, quitting sports, and various mental health issues may arise (De Francisco et al., 2016).

The Effects of Burnout on Health in Athletes

According to the findings of a systematic review examining the relationship between burnout and mental and physical health outcomes in athletes, burnout is not limited to its own specific symptoms but also negatively impacts athletes' overall health in a multidimensional manner (Glandorf et al., 2023). These negative effects include a wide range of outcomes such as depressive mood, decreased life satisfaction, somatic complaints, and impaired general well-being (Glandorf et al., 2023). This situation demonstrates that burnout is a critical risk factor not only in terms of performance but also in terms of athletes' daily functioning and quality of life (Çaloğlu & Yalçın, 2020; Yazıcı & Düzenci, 2020).

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

A study conducted on Australian athletes revealed that nearly half of the participants had at least one mental health problem, including depression, eating disorders, general psychological distress, and anxiety disorders (Gulliver et al., 2015). Although the study did not have a causal design, it is thought that the accumulated sporting and academic pressures on athletes, individual biological predispositions, and developing levels of burnout play a combined role in the emergence of these mental health problems. Therefore, burnout should be considered as a process that both exacerbates existing psychopathology and paves the way for new mental health problems to emerge.

Although significant data has been obtained in the literature on this subject, there is a need for longitudinal studies, particularly with professional athletes, based on robust research designs to reveal the dynamics of burnout emergence, its course over time, and long-term health outcomes (Lin et al., 2022). In this context, it is crucial for sports organizations and relevant stakeholders to develop systematic strategies to prevent and reduce burnout (Moen et al., 2015). Effectively controlling burnout will not only contribute to protecting athletes' mental and physical health but will also enable them to sustainably maximize their performance by strengthening their commitment to sport (Glandorf et al., 2023).

Prevention of Burnout in Athletes

Burnout in athletes is considered a serious problem that negatively affects both performance and psychological health, arising from factors such as excessive training, intense performance pressure, psychological stress, and inadequate recovery (Gustafsson et al., 2011). Therefore, it is necessary to develop multidimensional strategies to prevent burnout. In this context, psychological interventions stand out as an effective way to reduce burnout. Cognitive-behavioural principles within Smith’s model emphasise athletes' stress coping skills (Smith, 1986). Mindfulness and meditation practices reduce anxiety and strengthen focus (Baltzell & Akhtar, 2014). Athletes setting their own goals contributes to preventing burnout by increasing their sense of autonomy.

Training management also plays a critical role in protecting against burnout. Periodisation plans that balance loading and rest support athletes' physiological and psychological recovery (Meeusen et al., 2006). In addition, regular and quality sleep is an indispensable element in preventing burnout (Fullagar et al., 2015). Social support is also considered an important protective factor in this process. The support of coaches, family, and teammates reduces athletes' stress levels and increases their motivation (Rees & Hardy, 2000). It is particularly noted that an empathetic coach–athlete relationship has a reducing effect on burnout.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Diet is another dimension that should not be overlooked. A balanced intake of carbohydrates, protein, and micronutrients strengthens both physical recovery and mental resilience (Maughan & Burke, 2012). Conversely, energy deficiency increases chronic fatigue, raising the risk of burnout.

From a technological perspective, wearable technologies can now be used not only for performance-focused purposes but also to protect athlete health, regulate the recovery process, and prevent injuries (Li et al., 2016). Through this technological equipment, coaches and sports physicians can obtain real-time or long-term data to understand the athletes' condition (Çetinkaya, 2025). Thus, it is possible to identify conditions such as burnout at an early stage; accordingly, personalised training programmes and strategies to prevent burnout can be developed. Artificial intelligence (AI) technologies can also be utilised. In particular, AI-based language and analysis models can create models that predict impending burnout by correlating emotional content extracted from text with physical measurements. This enables proactive interventions that allow timely measures to be taken to prevent burnout (Biró et al., 2024).

Corporate policies are also an important component in preventing burnout. Clubs must offer psychological counselling services, stress management training, and work-life balance programmes. Furthermore, training coaches in sports psychology helps them recognise the signs of burnout early on. In conclusion, preventing burnout requires a holistic approach that encompasses psychological support, balanced training programmes, sleep and nutrition routines, social support, and organisational policies. This multifaceted approach will serve to protect both athletes' well-being and their performance.

DISCUSSION AND CONCLUSION

This study examines the psychological origins of burnout in athletes, its effects on health, and prevention strategies from a holistic perspective. The findings reveal that burnout is not merely a phenomenon that reduces an athlete's performance but can also lead to serious mental and physical health issues such as depression, decreased life satisfaction, and psychological disorders. The strong relationship between stress, depression, and burnout demonstrates that this problem is not simply a loss of performance but a multidimensional issue that directly affects the athlete's quality of life. Therefore, efforts to prevent burnout should be carried out not only at the individual level but also encompass different dimensions such as training planning, the use of hardware and software technology, social support systems, organisational policies, and interventions based on sports psychology. In particular, cognitive-behavioural

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

approaches, mindfulness-based methods, adequate sleep and nutrition, and empathetic coach-athlete relationships stand out as effective tools for reducing burnout.

In addition, it is crucial to support systematic measurement tools that monitor stress and recovery status with wearable technologies and sensor-based monitoring systems to detect overtraining and insufficient recovery at an early stage. Continuous monitoring of parameters such as heart rate variability, sleep quality, recovery time, and training load via wearable devices enables the early identification of physiological and behavioural patterns indicative of burnout risk. Analysing this data using predictive models based on artificial intelligence and machine learning can contribute to identifying the athlete's individual risk profile and developing personalised intervention plans. Thus, training programmes can be dynamically adapted to support both sustainable performance and the maintenance of psychological well-being.

Ultimately, burnout syndrome in athletes is a complex process that must be addressed at both the individual and organisational levels. In this process, multidisciplinary approaches should aim to protect not only the athlete's physical but also their psychological well-being; psychological interventions, social support and organisational policies should be integrated alongside wearable technologies and artificial intelligence-based decision support systems. Such a holistic and technology-supported approach will strengthen athletes' commitment to sport while more effectively supporting sustainable performance and a long-term healthy sporting life.

Research gaps and future directions

Although recent reviews and meta-analyses have substantially advanced our understanding of how burnout is associated with mental health outcomes and performance in athletes (Lin et al., 2022; Glandorf et al., 2023), the current evidence base still has several important limitations. First, most studies rely on cross-sectional self-report data, which restricts causal inference and may inflate associations due to common method bias. Second, specific subgroups such as youth athletes, female athletes and para-athletes remain underrepresented, limiting the generalisability of existing findings. Future research should therefore prioritise longitudinal and prospective cohort designs that track athletes over time, integrate objective indicators obtained from wearable technologies and training load monitoring, and examine how organisational factors and individual psychological resources jointly shape the development, maintenance and prevention of burnout.

REFERENCES

Baltzell, A., & Akhtar, V. L. (2014). Mindfulness meditation training for sport (MMTS) intervention: Impact of MMTS with division I female athletes. *The Journal of Happiness & Well-Being, 2*(2), 160-173.

Baumeister, R. F., & Leary, M. R. (1997). Writing narrative literature reviews. *Review of general psychology, 1*(3), 311-320.

Biró, A., Jánosi-Rancz, K. T., & Szilágyi, L. (2024, January). Real-time artificial intelligence text analysis for identifying burnout syndromes in high-performance athletes. In *2024 IEEE 22nd world symposium on applied machine intelligence and informatics (SAMI)* (pp. 000253-000258). IEEE.

Cohn, P. J. (1990). An exploratory study on sources of stress and athlete burnout in youth golf. *The Sport Psychologist, 4*(2), 95-106.

Cresswell, S. L., & Eklund, R. C. (2007). Athlete burnout: A longitudinal qualitative study. *The Sport Psychologist, 21*(1), 1–20. https://doi.org/10.1123/tsp.21.1.1

Çaloğlu, M., & Yalçın, Ö. M. (2020). Sporcu eğitim merkezlerindeki güreşçilerin sporcu tükenmişlik düzeylerinin incelenmesi. *Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, *1*(2), 59-73.

Çetinkaya, C. (2025). Giyilebilir teknolojilerin sporcu sağlığına etkisi. In M. Açak & H. Abanoz (Eds.), *Spor & Bilim 2025: Sporcu sağlığı* (pp. 51–62). Efe Akademi Yayınları.

Dale, J., & Weinberg, R. (1990). Burnout in sport: A review and critique. *Journal of applied sport psychology,* 2(1), 67-83.

De Francisco, C., Arce, C., del Pilar Vílchez, M., & Vales, Á. (2016). Antecedents and consequences of burnout in athletes: Perceived stress and depression. *International journal of clinical and health psychology, 16*(3), 239-246.

Ferrari, R. (2015). Writing narrative style literature reviews. *Medical writing*, *24*(4), 230-235.

Freudenberger, H. J. (1974). Staff burn-out. *Journal of social issues*, *30*(1), 159-165.

Fullagar, H. H., Skorski, S., Duffield, R., Hammes, D., Coutts, A. J., & Meyer, T. (2015). Sleep and athletic performance: the effects of sleep loss on exercise performance, and physiological and cognitive responses to exercise. *Sports medicine*, *45*(2), 161-186.

Gerber, M., Best, S., Meerstetter, F., Walter, M., Ludyga, S., Brand, S., ... & Gustafsson, H. (2018). Effects of stress and mental toughness on burnout and depressive symptoms: A prospective study with young elite athletes. *Journal of science and medicine in sport*, *21*(12), 1200-1205.

Glandorf, H. L., Madigan, D. J., Kavanagh, O., & Mallinson-Howard, S. H. (2023). Mental and physical health outcomes of burnout in athletes: a systematic review and meta-analysis. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, *18*(1), 372-416.

Goodger, K., Gorely, T., Lavallee, D., & Harwood, C. (2007). Burnout in sport: A systematic review. *The Sport Psychologist, 21*(2), 127–151. https://doi.org/10.1123/tsp.21.2.127.

Gould, D. (1983). *Future directions in youth sports participation research.* Psychology of sport and motor behavior: Research and practice. Edmonton: University of Alberta Faculty of Physical Education and Recreation.

Gould, D., Tuffey, S., Hardy, L., & Lochbaum, M. (1993). Multidimensional state anxiety and middle-distance running performance: A test of Hanin's (1980) zones of optimal functioning hypothesis. *JAppl Sport Psychol, 5*(1), 85-95.

Gulliver, A., Griffiths, K. M., Mackinnon, A., Batterham, P. J., & Stanimirovic, R. (2015). The mental health of Australian elite athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport, 18*(3), 255–261. https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.04.006

Gustafsson, H., DeFreese, J. D., & Madigan, D. J. (2017). Athlete burnout: Review and recommendations. *Current Opinion in Psychology*, 16, 109–113. https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2017.05.002.

Gustafsson, H., Kenttä, G., & Hassmén, P. (2011). Athlete burnout: An integrated model and future research directions. International Review of Sport and Exercise Psychology, 4(1), 3–24. https://doi.org/10.1080/1750984X.2010.541927

Gustafsson, H., Madigan, D. J., & Lundkvist, E. (2017). *Burnout in athletes: A theoretical overview*. In R. Fuchs & M. Gerber (Eds.), Handbook of Sport and Exercise Psychology (pp. 515–530). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-70178-3_26.

Henschen, K. (1986). Athletic staleness and burnout: Diagnosis and treatment. *Applied Sport Psychology: Personal Growth and Peak Performance*, 1, 327-342.

Isoard-Gautheur, S., Guillet-Descas, E., & Gustafsson, H. (2016). Athlete burnout and the risk of dropout among young elite handball players. *The Sport Psychologist*, *30*(2), 123–130. https://doi.org/10.1123/tsp.2014-0140.

Li, R. T., Kling, S. R., Salata, M. J., Cupp, S. A., Sheehan, J., & Voos, J. E. (2016). Wearable performance devices in sports medicine. *Sports health*, *8*(1), 74-78. https://doi.org/10.1177/1941738115611691.

Lin, C. H., Lu, F. J., Chen, T. W., & Hsu, Y. (2022). Relationship between athlete stress and burnout: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, *20*(5), 1295-1315.

Maslach, C., & Jackson, S. E. (1981a). *The Maslach Burnout Inventory.* Research edition. Palo Alto: Consulting Psychologists Press.

Maslach, C., & Jackson, S. E. (1981b). The measurement of experienced burnout. *Journal of Occupational Behaviour, 2*, 99-113.

Maslach, C., Jackson, S. E., & Leiter, M. P. (1997). *Maslach burnout inventory*. Scarecrow Education.

Maslach, C., & Leiter, M. P. (2000). *The truth about burnout: How organizations cause personal stress and what to do about it*. John Wiley & Sons.

Maughan, R. J., Al-Kharusi, W., Binnett, M. S., Budgett, R., Burke, L. M., Coyle, E. F., ... & Vennard, P. (2012). Fasting and sports: a summary statement of the IOC workshop. *British journal of sports medicine, 46*(7), 457-457.

Meeusen, R., Duclos, M., Gleeson, M., Rietjens, G., Steinacker, J., & Urhausen, A. (2006). Prevention, diagnosis and treatment of the Overtraining Syndrome. *European Journal of Sport Science*, 6(1).

Moen, F., Federici, R. A., & Abrahamsen, F. (2015). Examining possible Relationships between mindfulness, stress, school-and sport performances and athlete burnout. *International Journal of Coaching Science*, *9*(1), 03-19.

Nixdorf, I., Beckmann, J., & Nixdorf, R. (2020). Psychological predictors for depression and burnout among German junior elite athletes. *Frontiers in psychology*, *11*, 601.

Pines, A. M. (1993). Burnout. In L. Goldberger & S. Breznitz (Eds.), *Handbook of stress: Theoretical and clinical aspects* (2nd ed., pp. 386–402). Free Press.

Raedeke, T. D., & Smith, A. L. (2001). Development and preliminary validation of an athlete burnout measure. *Journal of Sport and Exercise Psychology, 23*(4), 281–306. https://doi.org/10.1123/jsep.23.4.281.

Raglin, J. S. (1993). *Overtraining and staleness-psychometric monitoring of endurance athletes.* Handbook of research on sports psychology. Macmillan.

Schmidt, G. W., & Stein, G. L. (1991). Sport commitment: A model integrating enjoyment, dropout, and burnout. *Journal of sport and exercise psychology, 13*(3), 254-265.

Smith, R. E. (1986). Toward a cognitive-affective model of athletic burnout. *Journal of Sport Psychology, 8*(1), 36–50. https://doi.org/10.1123/jsp.8.1.36.

Sorkkila, M., Aunola, K., & Ryba, T.V. (2017). A person-oriented approach to sport and school burnout in adolescent student-athletes: The role of individual and parental expectations. *Psychology of Sport and Exercise, 28,* 58-67.

Suran, B.G., & Sheridan, E.P. (1985). Management of burnout: Training psychologists in professional life span perspectives. *Professional Psychology: Research and Practice, 16*(6), 741.

Tabei Y, Fletcher D, & Goodger K. (2012). The relationship between organizational stressors and athlete burnout in soccer players. *Journal of Clinical Sport Psychology, 6*, 146-165.

Yazıcı, M., & Düzenci, S. (2020). Investigation of burnout level of active athletes according to some sportive and demographic variables. *International Journal of Applied Exercise Physiology, 9*(9), 113-126.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

THE EFFECTS OF LAUGHTER YOGA ON HEALTH

Prof. Dr. Behice ERCİ

İnönü Üniversitesi, Hemşirelik Fakültesi, behice.erci@inonu.edu.tr

ID: 0000-0002-1527-2207

ABSTRACT

Purpose: The purpose of this review article is to highlight the effects of laughter yoga on health and to share the results of a small number of studies conducted on this topic.

Method: Online databases were used to retrieve relevant studies. Relevant articles were identified using electronic database indexes. The keyword and term combinations used in the search were used to retrieve relevant studies from the entire database. The search included articles published in English within the last decade; studies available in full text, rated high or moderate according to a quality assessment tool; and studies providing sufficient data. Articles that did not meet the inclusion criteria were excluded after screening their abstracts and titles. The remaining relevant full-text articles were then assessed for eligibility. Data were extracted from eligible articles.

Results: Extensive research conducted in various countries in recent years has proven that laughter has a positive effect on the body and plays a role in strengthening the immune system. Researchers have also determined that laughter has preventive and therapeutic value. Laughter yoga has been shown to have a positive impact on life satisfaction, quality of life, mood, happiness, depression, loneliness, death anxiety, and cognitive function. It has also been found to significantly reduce blood pressure and cortisol levels, improving sleep quality.

Keywords: yoga, laughter yoga, effects of laughter yoga, complementary therapy

KAHKAHA YOGASININ SAĞLIĞA ETKİLERİ

ÖZET

Amaç: Bu derleme makalenin amacı kahkaha yogasının sağlığa etkisine dikkat çekmek ve bu konuda az sayıda yapılmış çalışma sonuçlarını paylaşmaktır.

Yöntem: Konuyla ilgili çalışmaları elde etmek için online veri tabanları kullanıldı. İlgili makaleler elektronik veri tabanları indeksleri kullanılarak belirlenmiştir. Aramada kullanılan anahtar kelime ve terim kombinasyonları veri tabanının tamamındaki ilgili çalışmaları toplamak için kullanılmıştır. Arama, son on yılda İngilizce yayınlanmış makaleler; tam metin olarak erişilebilen çalışmalar bir kalite değerlendirme aracına göre yüksek veya orta olarak derecelendirilen çalışmalar; yeterli veri sağlayan çalışmalar alındı. Dahil etme kriterlerini karşılamayan makaleler, özetler ve başlıklar tarandıktan sonra hariç tutuldu. Ardından, kalan

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ilgili tam metin makaleler uygunluk açısından değerlendirildi. Uygun olan makalelerden veriler alındı.

Bulgular: son yıllarda çeşitli ülkelerde yapılan kapsamlı araştırmalar, kahkahanın vücut üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu ve bağışıklık sistemini güçlendirmede rol oynadığını kanıtlamıştır. Yine araştırmacılar kahkahanın koruyucu ve tedavi edici bir değere sahip olduğunu belirlemiştir. Kahkaha yogasının yaşam memnuniyeti, yaşam kalitesi, ruh hali, mutluluk, depresyon, yalnızlık, ölüm kaygısı ve bilişsel işlevler üzerinde olumlu bir etkisi olduğu görülmektedir. Ayrıca kahkaha yogasının kan basıncı ve kortizol seviyelerinde önemli bir düşüş sağlayarak uyku kalitesini artırdığı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: yoga, kahkaha yogası, kahkaha yogasının etkileri, tamamlayıcı tedavi

1. GİRİŞ

Kahkaha, mizahın bir ifadesi olarak yüzyıllardır iyi bir ilaç olarak kabul edilmiştir, bu kavram insan nöron gelişimiyle tutarlıdır. Özellikle, insanlarda gülme kapasitesi, konuşmanın sinirsel gelişiminden önce gelir ve nöro görüntüleme çalışmaları, kendiliğinden gülme (yani gerçek gülme) için benzersiz bir sinirsel yol olduğunu öne sürmektedir; bu yol sezgisel ve subkortikaldir (Psychology Panksepp 2005; Öztürk, Bayraktar, Tezel 2023).

Kahkaha yogası, dünyada tamamlayıcı sağlık yaklaşımları arasında giderek daha fazla kullanılan yöntemlerden biridir. Kendi kendine reçetelediği gülme rejimini, ankilozan spondilit kaynaklı semptomları hafifleten güçlü bir anestezik etki sağlayan ek bir tedavi olarak tanımlamıştır. Yakın zamanda yapılan araştırmalar, gülme ve mizahı artan ağrı toleransı seviyeleriyle ve onkoloji, psikiyatri ve rehabilitasyon gibi çeşitli tıbbi ortamlarda genel refah üzerinde olumlu etkiyle ilişkilendirmiştir. Yakın zamanda yapılan bir randomize kontrollü denemeden elde edilen veriler, mizah günlüğü tutmanın refah üzerinde olumlu ve güçlü bir etkisi olduğunu göstermiştir, bu da mizah müdahalelerinin koronavirüs pandemisi gibi olumsuz bir durumla başa çıkmaya yardımcı olabilecek basit ve yeterince kullanılmayan stratejiler olduğunu göstermektedir (Wellenzohn et al., 2016; Fessell 2020). Kahkaha yogası tamamlayıcı tıpta kullanılan ücretsiz, invaziv olmayan, farmakolojik olmayan bir tekniktir ve sağlık üzerinde olumlu etkileri vardır. Farklı örneklemlerde uygulanan kahkaha yogası çalışmaları, kaygı, depresyon, somatizasyon, olumsuz benlik ve düşmanlık gibi zihinsel semptomları azalttığını bulmuştur. Ayrıca mutluluğu artırmış, stresin biyolojik belirteci olan tükürük kortizolünü düşürmüş ve yaşam kalitesini artırmıştır (Ozturk, Tezel 2021; Tanaka et al., 2018; Tavakoli et al., 2019). Egzersizler arasında "kahkaha yogası", faydalı etkileri olan nispeten yeni bir tamamlayıcı terapidir. Kahkaha yogası, 1995 yılında Madan Katarya adlı bir Hintli doktor tarafından icat edilmiştir. Standart yoga nefes egzersizlerini gülme egzersizleriyle birleştirir ve çeşitli eğlenceli sporlar da içerir. Kahkaha, insan yaşamını ve sosyal yaşamı olumlu yönde etkileyen duygusal bir tepkidir ve onu diğer duygusal tepkilerden ayıran özelliklere sahiptir (Hasan Hasan 2009) .

Son yirmi yılda çeşitli ülkelerde yapılan kapsamlı araştırmalar, kahkahanın vücut üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu ve bağışıklık sistemini güçlendirmede rol oynadığını kanıtlamıştır. Bilim insanları ayrıca kahkahanın koruyucu ve tedavi edici bir değere sahip

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

olduğunu keşfetmiştir. Kahkaha yogası, zihin-beden tekniklerini içerir ve farklı gülme yöntemlerini nefes egzersizleriyle birleştirir (Hasan ve Hasan, 2009) . Düzenli olarak kahkaha yogası egzersizleri yapan kişiler sağlıklarında, zihinsel görünümlerinde ve enerji seviyelerinde iyileşmeler yaşamıştır (Öztürk, Bayraktar, Tezel 2023).

Amaç

Bu derleme makalenin amacı kahkaha yogasına dikkat çekmek ve bu konuda az sayıda yapılmış çalışma sonuçlarını paylaşmaktır.

2. YÖNTEM

Konuyla ilgili çalışmaları elde etmek için Nisan 2025 tarihinde CINAHL, Scopus, Web of Science, PubMed, Science Direct, Springer ve Cochrane Kütüphanesi elektronik veri tabanları indeksleri kullanılarak belirlenmiştir. Aramada kullanılan anahtar kelime ve terim kombinasyonları yoga, kahkaha yogası, kahkaha yogasının etkileri, tamamlayıcı tedavi, farmakolojik olmayan girişim'dir. Bu arama terimleri, bu veri tabanının tamamındaki ilgili çalışmaları toplamak için başlıklarda, özetlerde, anahtar kelimeler kullanılmıştır. Arama, İngilizce yazılmış yayınlarla sınırlıdır. Son on yılda İngilizce yayınlanmış makaleler; tam metin olarak erişilebilen çalışmalardan kalite değerlendirme aracına göre değerlendirildi yeterli veri sağlayan çalışmalar elde edildi. Dâhil etme kriterlerini karşılamayan makaleler, özetler ve başlıklar tarandıktan sonra hariç tutuldu. Ardından, kalan ilgili tam metin makaleler uygunluk açısından değerlendirildi. Uygun olan makalelerden veriler alındı.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Kahkaha yogası müdahalesinin özellikleri

Egzersizler arasında "kahkaha yogası", faydalı etkileri olan nispeten yeni bir tamamlayıcı terapidir. Kahkaha yogası, 1995 yılında Madan Katarya adlı bir Hintli doktor tarafından icat edilmiştir. Standart yoga nefes egzersizlerini gülme egzersizleriyle birleştirir ve çeşitli eğlenceli sporlar da içerir. Kahkaha, insan yaşamını ve sosyal yaşamı olumlu yönde etkileyen duygusal bir tepkidir ve onu diğer duygusal tepkilerden ayıran özelliklere sahiptir (Kuru Alici & Arikan Dönmez, 2020).

Kahkaha Yogası

Süre: Literatür ve kahkaha yogası ile ilgili alınan eğitime göre ilk 10 dakika gevşeme, germe ve ısınma egzersizlerinden, sonraki 30 dakika gülme egzersizlerinden ve son 10 dakika rahatlama egzersizlerinden oluşur (Kardaş Kin, 2017; Song et al., 2013).

Giriş: Kısaca araştırmacı kendini tanıtır ve gruptakilerle tanışma gerçekleşir. Kahkaha yogasının ne olduğu ve amacı açıklanır.

Kahkaha yogası seanslarının basamakları:

4 bölümden oluşur.

1. El çırpma ve ısınma egzersizleri: Eller, parmaklar ve avuç içleri birbirine vurularak çırpılır ve böylece eldeki akupresör noktaları uyarılarak enerji seviyesi yükselir, daha sonra ritim eklenir, 1-2, 1-2-3 veya çok iyi, çok iyi yeahh gibi teşvik edici sözler eklenir. El çırpma egzersizlerine ho-ho ha-ha-ha ritimli olarak söylenen sesler eklenir (Kardaş Kin, 2017).

2. Derin nefes alma egzersizleri: Ayakta rahat bir pozisyonda iken önce ağızdan akciğerlerdeki tüm hava boşaltılana kadar zorlu bir nefes verilir. Belden öne doğru eğilerek

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

kollar aşağı doğru sarkıtılır (eğilme hareketi ile diyafram yukarı doğru itilir ve akciğerlerdeki havanın boşaltılması kolaylaşır). Daha sonra burundan yavaş yavaş derin bir nefes alırken vücut tekrar düzeltilir. Gökyüzüne doğru kollar kaldırılır. Nefes verme süresinin nefes almadan daha uzun olmasına dikkat edilerek nefesini tutması ve hareketi tekrarlaması istenir. Diğer bir harekette nefes aldıktan sonra nefesini tutarak kahkaha ile patlatması istenir. Nefes egzersizleri 3-4 kez tekrarlanmalıdır (Kardaş Kin, 2017, 18).

3. Çocuksu oyunlar: Kahkaha yogasının amaçlarından biri de nedensiz olarak kahkaha atmaktır. Bir çocuğun komik ve beceriksiz davranışlarını örnek alarak kollar yukarıya kaldırılır. Eller birbirine vurularak çok iyi (alkış), çok iyi (alkış) çok iyi (evet) diye şarkı söylemeye başlanır. Grupça bu şarkıyı söylemek enerji seviyesini yükselterek, coşku oluşturmak için gereklidir (Kardaş Kin, 2017; Song et al., 2013).

4. Kahkaha egzersizleri: Araştırmacı egzersizin adını söyler, egzersizin nasıl yapılacağını tarif eder ve ardından grupla beraber egzersiz uygulanır. Dr. M. Kataria'ya ait 40'a yakın egzersiz vardır. Daha sonradan geliştirilen 150'ye yakın da sertifikalı kahkaha egzersizi mevcuttur. Bu kahkaha egzersizlerinden bazıları; milkshake kahkaha egzersizi, motorbike kahkaha egzersizi, aslan kahkaha egzersizi, gibberişh (anlamsız kelimeler söyleme) kahkaha egzersizi, head on the belly (kafa karında) kahkaha egzersizi, appreciation (takdir etme) kahkaha egzersizi, telefon kahkaha egzersizi bunlardan bazılarıdır (Kardaş Kin, 2017; Song et al., 2013).

Müzik Eşliğinde Dans: Çocuklar, yaşlılar ve gençler için farklı farklı müzikler seçilmelidir. Müzikler coşku verici olmalıdır (Kardaş Kin, 2017).

Rahatlama: Yere uzanılarak nefes uygulamaları yapılır.

KAHKAHA YOGASININ ETKİLERİ

Kahkaha yogası ve fiziksel işlev

Dahil edilen çalışmalarda, kahkaha yogasının fiziksel sağlık ile ilgili durumlara olan etkilerini değerlendirmek için kan basıncı, nabız, uyku, kortizol seviyesi gibi parametreler incelendi. Araştırma sonuçlarına dayanarak, kahkaha yogasının kan basıncı ve kortizol seviyelerinde önemli bir düşüş sağladığı ve uyku kalitesini artırdığı belirlendi. Bu çalışma bulgularına benzer şekilde, Gonot-Schoupinsky ve Garip (2018) tarafından yapılan sistematik bir inceleme ve meta-analiz, kahkaha yogasının kan basıncı, uyku ve kortizol dahil olmak üzere yaşlı yetişkinlerde refah düzeyini artırabileceğini bildirdi. Literatürde, kahkahanın stres hormonlarını azalttığı ve stresin kardiyovasküler sistem üzerindeki etkilerini tamponlayarak dolaşımı uyardığı, oksijenasyonu artırdığı, kan basıncı ve kalp atış hızı üzerinde olumlu etkiler yarattığı belirtilmektedir. Ayrıca gülmenin, merkezi sinir sisteminde sempatik ve parasempatik yanıtlar aracılığıyla beyindeki amigdala, talamik, hipotalamik ve subtalamik bölgeleri etkileyerek kortizol düzeyinde azalma sağladığı vurgulanmaktadır (Kuru Alici & Arikan Dönmez, 2020; Gonot-Schoupinsky & Garip 2018; Ellis et al., 2017; Han et al., 2017).

T hücrelerini ve immünoglobulinleri artırarak, bağışıklık sistemini güçlendirir. Kahkaha yogası kalp sağlığı için iyidir. Kahkaha yogası hafif bir kardiyo egzersizidir. Kahkaha yogası uykuyu iyileştirebilir. Bir araştırmada 10 dakikalık bir kahkahanın iki saat ağrısız uyku sağlamasına olanak sağladığını belirtti. Kahkaha yogası doğal bir ağrı kesicinin salınmasına yardımcı olur. Birçok bilimsel çalışma güldüğümüzde ağrı eşiklerinin önemli ölçüde arttığı sonucuna varmıştır. Kan basıncını düşürebilir, oksijeni artırır. Kahkaha yogası diyabetin kontrol altına

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

alınmasına yardımcı olabilir. Düzenli Kahkaha yogası yüz kaslarını güçlendirir. https://www.calm.com/blog/laughing-yoga

Kahkaha yogası ve psikososyal sonuçlar

Kahkaha yogası, kaslarda oksijen taşınımını iyileştiren, kortizol seviyelerini düşüren ve psikolojik iyilik hali üzerinde etkili olan bir egzersizdir. Kahkaha yogasının yaşlı yetişkinlerde hem yaşam memnuniyetini hem de yaşam kalitesini iyileştirdiği bildirilmiştir. Güney Kore'deki bakım tesislerinde yarı deneysel bir çalışma yürütülmüştür. Yazar, kahkaha yogasının bakım tesislerinde kalan yaşlı yetişkinlerin yaşam memnuniyetini iyileştirmede etkili olduğu sonucuna varmıştır. İki çalışma kahkaha yogasının yaşam kalitesi üzerindeki etkisini değerlendirmiştir. Bir çalışma kahkaha yogasının yaşam kalitesini iyileştirdiğini bildirirken, diğeri hiçbir değişiklik bildirmemiştir. Yarı deneysel çalışma İran'daki bir huzurevinde yürütülmüştür.

Kahkaha yogası, daha önce de belirtildiği gibi, vücuda oksijen sağlayan ve endorfin salınımını artıran bir diğer yoga nefes tekniğidir. Gülmek oksitosin üretimini artırabilir, bu nedenle kahkahanın sesi, oksitosin üretimini artırmak için vagus sinirini uyarmanın bir başka yoludur (Froehlich et al., 2021).

Kahkaha yogasının ruh hali, mutluluk, depresyon ve yalnızlık üzerinde olumlu bir etkisi olduğu görülmektedir. Kahkaha yogasıyla olumlu ruh hali ve mutluluk artar. Dört hafta boyunca sekiz seans (haftada iki kez) içeren yarı deneysel bir çalışmada, kahkaha yogasının ruh halini iyileştirmede etkili olduğu öne sürülmüştür. Ellis ve arkadaşları (2017) çalışmalarında benzer sonuçlara ulaşmışlardır. Altı haftada bir (haftada bir) 30 dakikalık kahkaha yogası seansları yürütülmüştür. Kahkaha yogası programından sonra deney grubunda mutluluk puanları kontrol grubuna göre de önemli ölçüde artmıştır (Kuru Alici & Arikan Dönmez, 2020; Kuru Alıcı et al., 2018; Rezaei et al., 2019; Ellis et al., 2017).

Kahkaha yogasının ruhsal sağlığa faydaları

Kahkaha yogası, tek seferlik, kendinizi iyi hissettiren bir aktiviteden çok daha fazlasıdır. Evet, işte, bir kahkaha kulübünde veya bir konferansta kahkaha yogası egzersizleri yaparak geçirdiğiniz o an, sanki bir anda tatile çıkmışsınız gibi hissetmenize neden olabilir. Ancak yine de, zihinsel sağlık açısından asıl faydayı sağlayan şey, sürekli pratik yapmaktır. Kahkaha yogası depresyon için kanıtlanmış bir tedavi aracıdır.

Kahkaha yogasının endişeleri, korkuları ve kaygıları hafifletmeye yardımcı olduğu kanıtlanmıştır. Kahkaha yogası, dayanıklılığın artmasına, hayatın zorluklarıyla daha olumlu baş edilmesine yardımcı olur. Ruanda'da kahkaha yogası başa çıkma aracı olmasının yanı sıra, eskiden savaşan etnik gruplar arasında güven oluşturmak için de kullanılıyor.

Kahkaha yogasının sosyal veya kişilerarası faydaları

Kahkaha yogası sosyal ve kişilerarası faydalar da sağlar. Kahkaha yogası kişilerarası engelleri hızla ortadan kaldırır, bağlantıyı ve iş birliğini teşvik eder. Hayatın zorluklarıyla daha olumlu bir şekilde başa çıkmayı sağlayan kahkaha yogasının eğlenceli yanı, özellikle sorun çözmek gerektiğinde daha yaratıcı düşünmeyi sağlayabilir. Kahkaha yogası özgüveni artırır. Kahkaha yogası, kahkahayı entelektüel bir eylemden ziyade fiziksel bir eylem olarak ele alır.

Kahkaha evrensel bir dildir. Dil engeli yoktur. Paylaşılan bir kahkaha insanları birbirine bağlar, yalnızlığı giderir. Kahkaha yogası uyarlanabilir ve erişilebilirdir.
https://www.calm.com/blog/laughing-yoga

4. SONUÇ

Kahkaha yogasının yaşam memnuniyeti, yaşam kalitesi, ruh hali, mutluluk, depresyon, yalnızlık, ölüm kaygısı ve bilişsel işlevler üzerinde olumlu bir etkisi olduğu görülmektedir. Ayrıca kahkaha yogasının kan basıncı ve kortizol seviyelerinde önemli bir düşüş sağlayarak uyku kalitesini artırdığı belirlenmiştir. Çalışmalar kahkaha yogasının olumsuz bir etkisi olmadığını göstermiştir.

KAYNAKÇA

Ellis J.M. , Ben-Moshe R., Teshuva K. (2017). Laughter yoga activities for older people living in residential aged care homes: a feasibility study. Australas. J. Ageing, 36 (3), pp. E28-E31, 10.1111/ajag.12447

Ellis J.M., Ben-Moshe R., Teshuva K. (2017). Laughter yoga activities for older people living in residential aged care homes: a feasibility study. Australas. J. Ageing, 36 (3) , pp. E28-E31.

Erkin Ö., Kocaçal E. (2024). The impact of laughter yoga as a NIC on health parameters in nurses and nursing students: a systematic review. *BMC Complementary Medicine and Therapies* volume 24, Article number: 378 (2024)

Fessell D. Laughter Leaves Me Lighter: Coping With COVID-19. *JAMA*. 2020; 323(24):2476–2477. pmid:32573673.

Froehlich E, Madipakkam AR, Craffonara B, Bolte C, Muth AK, Park SQ. (2021). A short humorous intervention protects against subsequent psychological stress and attenuates cortisol levels without affecting attention. *Sci Rep* 31; 11(1):7284. pmid:33790310

Geetha R. (2021). A study to evaluate the effectiveness of laughter yoga exercises on stress reduction due to online classes among Ist Year B.Sc. Nursing Students in Mother Teresa College of Nursing, Pudukkottai. Int J Sci Healthc Res.;6:168–73.

Gonot-Schoupinsky F.N., Garip G. (2018). Laughter and humour interventions for well-being in older adults: a systematic review and intervention classification. Compl. Ther. Med., 38, 85-91.

Han J.H., Park K.M., Park H. (2017). Effects of laughter therapy on depression and sleep among patients at long-term care hospitals. Kor. J. Adult Nurs., 29 (5) , 560-568.

Hasan H., Hasan T.F. (2009). Laugh yourself into a healthier person: a cross cultural analysis of the effects of varying levels of laughter on health. International journal of medical sciences, 6: 200.

Kardaş Kin Ö, Yıldırım Y. (2017). Kahkaha terâpisi ve sağlık alanında kullanım örnekleri. *Anadolu Hem ve Sağlık Bilim Dergisi*, 20(1): 63-6.

Kuru Alıcı N., Zorba Bahceli P., Emiroğlu O.N. (2018). The preliminary effects of laughter therapy on loneliness and death anxiety among older adults living in nursing homes: a nonrandomised pilot study. Int. J. Older People Nurs., 13 (4), e12206.

Kuru Alici N., Arikan Dönmez A. (2020). A systematic review of the effect of laughter yoga on physical function and psychosocial outcomes in older adults. Complementary Therapies in Clinical Practice, 41, 101252

Lee JS, Lee SK. The effects of laughter therapy for the relief of employment-stress in Korean Student nurses by assessing psychological stress salivary cortisol and subjective happiness. Osong Public Health Res Perspect. 2020;11:44–52.

Özturk FO, A. Tezel. (2021). Effect of laughter yoga on mental symptoms and salivary cortisol levels in first-year nursing students: a randomized controlled trial. Int J Nurs Pract, 27 (2) , 12924
Öztürk F.Ö.,Bayraktar E.P., Tezel A. (2023). The effect of laughter yoga on loneliness, psychological resilience, and quality of life in older adults: A pilot randomized controlled trial. Geriatric Nursing, 50; 208-214.
Psychology Panksepp J. Beyond a joke: from animal laughter to human joy? *Science*. 2005; 308(5718):62–3.
Rezaei S., Mahfeli M., Mousavi, S. (2019). Poorabolghasem Hosseini The effect of laughter yoga on the quality of life of elderly nursing home residents. Caspian J. Neurol. Sci., 5 (1), 7-15.
Shattla S, Mabrouk SM, Abed GA. Effectiveness of laughter yoga therapy on job burnout syndromes among Psychiatric nurses. Int J Nurs. 2019;6.
Song M, Park KM, Park H. The effect of laughter-terapy on mood sand life satisfaction in the elderly staying at care facilities in South korea. *J Korean Gerontol Nurs.*2013, 15(1): 75-83.
Tanaka A , Tokuda N , Ichihara K. (2018). Psychological and physiological effects of laughter yoga sessions in Japan: a pilot study. Nurs Health Sci, 20 (3) pp. 304-312,
Tavakoli T, Davoodi N, Tabatabaee TSJ, Rostami Z, Mollaei H, Salmani F, Ayati S, Tabrizi S. (2019). Comparison of laughter yoga and anti-anxiety medication on anxiety and gastrointestinal symptoms of patients with irritable bowel syndrome. Middle East J Digest Dis, 11 (4) , p. 211.
Ulrich-Lai YM, Herman JP. Neural regulation of endocrine and autonomic stress responses. *Nat Rev Neurosci* 2009; 10(6):397–409. pmid:19469025
Yazdani M., Mojtaba Esmaeilzadeh [1], Saeid Pahlavanzadeh [1], Firouz Khaledi [1] The effect of laughter Yoga on general health among nursing students. Iran J Nurs Midwifery Res. 2014 Jan-Feb;19(1):36–40.
Wellenzohn S, Proyer RT, Ruch W. Humor-based online positive psychology interventions: A randomized placebo-controlled longterm trial. *J Posit Psychol* 2016; 11(6):584–594.

Laughter as medicine: A systematic review and meta-analysis of interventional studies evaluating the impact of spontaneous laughter on cortisol levels

- Caroline Kaercher Kramer ,
- Cristiane Bauermann Leitao
- Published: May 23, 2023
- https://doi.org/10.1371/journal.pone.0286260

The effect of laughter Yoga on general health among nursing students

Mohsen Yazdani [1,✉], Mojtaba Esmaeilzadeh [1], Saeid Pahlavanzadeh [1], Firouz Khaledi [1]

Iran J Nurs Midwifery Res

. 2014 Jan-Feb;19(1):36–40.

Laughter as medicine: A systematic review and meta-analysis of interventional studies evaluating the impact of spontaneous laughter on cortisol levels

- Caroline Kaercher Kramer ,
- Cristiane Bauermann Leitao
- Published: May 23, 2023
- https://doi.org/10.1371/journal.pone.0286260

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

THE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON HEALTH

Prof. Dr. Behice ERCİ

İnönü Üniversitesi, Hemşirelik Fakültesi, behice.erci@inonu.edu.tr

ID: 0000-0002-1527-2207

ABSTRACT

The purpose of this study is to raise awareness and raise awareness of the impact of climate change on human health.

Online databases were used to retrieve relevant studies. The keyword and term combinations used in the article search were used to retrieve relevant studies from the entire database, identified by the keywords climate change, climate impact on health, climate, and people. Articles published in English within the last decade; studies with full-text access; studies rated high or moderate according to a quality assessment tool; and studies providing sufficient data. Articles that did not meet the inclusion criteria were excluded after screening their abstracts and titles. The remaining relevant full-text articles were then assessed for eligibility. Data were extracted from eligible articles.

As the climate changes, more people may be exposed to extreme weather events such as heatwaves, floods, droughts, storms, and wildfires. These events can cause illness, injury, and even death. Climate change could also lead to more diseases spread by insects and ticks, and affect the quality and safety of air, water, and food, including the spread of harmful bacteria or viruses. Furthermore, climate change-related hazards could negatively impact people's mental health.

Keywords: climate change, climate health impact, climate and humans

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN SAĞLIĞA ETKİSİ

ÖZET

Bu çalışmanın amacı iklim değişikliğinin insan sağlığına olan etkisine dikkat çekmek ve bilinç genişletmektir.

Konuyla ilgili çalışmaları elde etmek için online veri tabanları kullanıldı. Makale aramada kullanılan anahtar kelime ve terim kombinasyonları iklim değişikliği, iklimin sağlığa etkisi, iklim ve insan anahtar kelimelerle belirlenen veri tabanının tamamındaki ilgili çalışmaları toplamak için kullanılmıştır. Son on yılda İngilizce yayınlanmış makaleler; tam metin olarak erişilebilen çalışmalar bir kalite değerlendirme aracına göre yüksek veya orta olarak

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

derecelendirilen çalışmalar; yeterli veri sağlayan çalışmalar. Dahil etme kriterlerini karşılamayan makaleler, özetler ve başlıklar tarandıktan sonra hariç tutuldu. Ardından, kalan ilgili tam metin makaleler uygunluk açısından değerlendirildi. Uygun olan makalelerden veriler alındı.

İklim değiştikçe, daha fazla insan sıcak hava, sel, kuraklık, fırtına ve orman yangını gibi aşırı hava olaylarına maruz kalabilir. Bu olaylar hastalığa, yaralanmaya ve hatta ölüme neden olabilir. İklim değişikliği ayrıca böcekler ve keneler tarafından yayılan daha fazla hastalığa yol açabilir ve zararlı bakteri veya virüslerin yayılması da dahil olmak üzere hava, su ve gıdanın kalitesini ve güvenliğini etkileyebilir. Ayrıca, iklim değişikliğiyle ilgili tehlikeler insanların ruh sağlığını olumsuz etkileyebilir.

Anahtar kelimeler: iklim değişikliği, iklimin sağlığa etkisi, iklim ve insan

1. GİRİŞ

Dünya Sağlık Örgütü iklim değişikliğini bu yüzyılın insan sağlığı için en büyük tehdit olarak görmektedir (WHO, 2019). İklim değişikliği, sıcak hava dalgalarında, aşırı hava olaylarında, sellerde ve orman yangınlarında artışa neden olmaktadır. Tüm bunlar, çeşitli sıcak hava kaynaklı hastalıklar, su kaynaklı hastalıklar, vektör kaynaklı enfeksiyonlar, aşırı hava olaylarının neden olduğu kazalar, ruh sağlığı sorunları ve kötü hava kalitesi gibi insan sağlığını olumsuz etkilemektedir (WHO, 2023). Sıcak hava dalgalarındaki artış, kardiyovasküler sorunlar ve ölüm oranlarında artışla ilişkilendirilmiştir. Sellerin etkileri yapısal hasarın ötesine geçerek, boğulma kaynaklı ölümlerin sayısını ve depresyon gibi ruh sağlığı sorunlarını artırmaktadır. Orman yangınlarının solunum sağlığını önemli ölçüde etkilediği bilinmektedir. İklim değişikliği ve sağlık arasındaki bağlantının bilinmesi sağlık çalışanları için çok önemlidir (Tiitta et al., 2025).

İklim değişikliği insan sağlığı üzerinde geniş kapsamlı olumsuz etkileri olan ciddi bir halk sağlığı krizine yol açmakta ve ekosistemleri bozmaktadır (Mahmoud ve Mahmoud, 2023).

İklim değişikliği insanların sağlığını da birçok yönden etkiler. İklim değiştikçe, daha fazla insan sıcak hava, sel, kuraklık, fırtına ve orman yangını gibi aşırı hava olaylarına maruz kalabilir (Environmental Protection Agency, 2021). Bu olaylar hastalığa, yaralanmaya ve hatta ölüme neden olabilir. İklim değişikliği ayrıca böcekler ve keneler tarafından yayılan daha fazla hastalığa yol açabilir ve zararlı bakteri veya virüslerin yayılması da dahil olmak üzere hava, su ve gıdanın kalitesini ve güvenliğini etkileyebilir. Ayrıca, iklim değişikliğiyle ilgili tehlikeler insanların ruh sağlığını olumsuz etkileyebilir (Hayden et al., 2023).

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Bu çalışmanın amacı iklim değişikliğinin insan sağlığına olan etkisine dikkat çekmek ve bilinç genişletmektir.

2. YÖNTEM

Konuyla ilgili çalışmaları elde etmek için Haziran 2025 tarihinde Google Akademik, CINAHL, Scopus, Web of Science, PubMed, Science Direct, Springer ve Cochrane Kütüphanesi elektronik veri tabanları indeksleri kullanılarak belirlenmiştir. Aramada kullanılan anahtar kelime ve terim kombinasyonları iklim değişikliği, iklimin sağlığa etkisi, iklim ve insandır. Bu arama terimleri, veri tabanlarının tamamındaki ilgili çalışmaları toplamak için başlıklarda, özetlerde kullanılmıştır. Arama, İngilizce yazılmış yayınlarla sınırlıdır. Son on yılda İngilizce yayınlanmış makaleler; tam metin olarak erişilebilen çalışmalar; bir kalite değerlendirme aracına göre değerlendirildi yeterli veri sağlayan çalışmalar elde edildi. Dahil etme kriterlerini karşılamayan makaleler, özetler ve başlıklar tarandıktan sonra hariç tutuldu. Ardından, kalan ilgili tam metin makaleler uygunluk açısından değerlendirildi. Uygun olan makalelerden veriler alındı.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

İklim değişikliği sağlık hizmetlerine erişimi aksatabilir, altyapıyı tehdit edebilir, fiziksel ve ruhsal sağlık riskleri oluşturabilir. Ancak sağlık tesisleri aynı zamanda iklim değişikliğine katkıda bulunan sera gazlarını atmosfere salmaktadır. Bu tesislerden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılması, sağlık hizmetlerinin genel maliyetini düşürebilir, ekonomiye fayda sağlayabilir ve hayat kurtarabilir (U.S. Environmental Protection Agency 2025)

İnsan kaynaklı iklim değişikliği

İnsan faaliyetleri, Sanayi Devrimi'nin başlangıcından bu yana atmosferimizdeki sera gazları (GHG) karbondioksit seviyelerini %50, metan seviyelerini ise %150'nin üzerinde artırdı (IPCC 2021). Atmosferdeki karbondioksit seviyeleri 2024 yılında son 3 milyon yıldaki en yüksek seviyeye ulaşmıştır (Environmental Protection Agency 2021, Hayden et al. 2023).

İnsan kaynaklı sera gazı emisyonları, Dünya'nın sıcaklığını 1,5 °C'den fazla artırmış ve 20. yüzyılın başından bu yana deniz seviyelerinin 25 cm'den fazla yükselmesine neden olmuştur. En yüksek sıcaklık 2024 yılında saptanmıştır.(Hayden et al. 2023).

Dünya iklim sisteminde önemli değişiklikler gözlemlendi: Kara ve okyanusların ısınması ve tüm dünyada deniz seviyelerinin yükselmesi, donmuş toprakların erimesi , ilkbaharda bitki büyümesinin daha erken başlaması, bazı bitki, hayvan ve böceklerin coğrafi dağılımlarında kaymalar. Aşırı hava olayları küresel olarak arttı; Bunlar arasında süper fırtınalar, mega seller,

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

şiddetli kuraklıklar, eşi benzeri görülmemiş sıcak hava dalgaları ve kontrol edilemeyen orman yangınları yer alıyor (U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 2021).

İklimin Sağlık Üzerindeki Başlıca Etkileri

İklim değişikliğinin sağlık üzerindeki etkileri, kişinin yaşı, tıbbi durumu, geliri ve yaşadığı yer gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterir.

1. Aşırı Hava Olaylarından Kaynaklanan Güvenlik ve Sağlık Tehditleri

İklim değiştikçe, bazı aşırı hava olayları daha sık ve/veya şiddetli hale gelerek insanların sağlık ve güvenliği için risk oluşturmaktadır. Örneğin, kuraklıklar solunum yolu hastalıklarına yol açabilen toz oluşumuna neden olabilir (Ebi, et al., 2018). Fırtınalar ve seller yaralanmalara, evlerde ve binalarda hasara ve kirli sudan kaynaklanan enfeksiyonlara neden olabilir (EPA. 2021). Hava koşulları ayrıca insanların doktor muayenehanelerine ve acil bakıma gitmesini de engelleyebilir (Hayden et al., 2023). Kesintiye uğrayan hizmetler, yaşlılar, hamile kadınlar, bebekler, çocuklar veya kronik hastalığı olan kişiler gibi düzenli tıbbi bakıma ihtiyaç duyanlar için özellikle risklidir. İklim değiştikçe birçok yerde sıcaklıkların da artması muhtemeldir. Aşırı veya uzun süreli sıcağa maruz kalmak bitkinliğe, sıcak çarpmasına, böbrek ve kalp hastalıklarına ve gebelik komplikasyonlarına neden olabilir (Hayden et al., 2023; Sarofim et al., 2016). Aslında aşırı sıcaklık, Amerika Birleşik Devletleri'nde hava kaynaklı ölümlerin önde gelen nedenidir (NOAA (Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi), 2023).

2. Su, Gıda ve Hava Kalitesine Yönelik Tehditler

Çocuklar, yer seviyesindeki ozona ve orman yangını dumanına maruz kaldıklarında akciğer hastalıklarına ve astım komplikasyonlarına karşı özellikle savunmasız hale geliyorlar.

Değişen iklimin neden olduğu aşırı hava koşulları ve sıcaklıklar, su, gıda ve hava kalitesini etkiler. Yükselen sıcaklıklar, çoğu insanları hasta eden toksinler üreten zararlı alg patlamalarına yol açabilir (CDC. 2021). Artan yağışlar, fırtınalar ve seller, su kaynaklarını virüs ve bakterilerle kirleterek mide-bağırsak ve diğer hastalıklara neden olabilir (Ebi et al, 2018). Yükselen sıcaklıklar ayrıca kuraklığa ve kar örtüsünün azalmasına da katkıda bulunarak, sonuçta belirli içme suyu kaynaklarının bulunabilirliğini azaltır (Lall et al. 2018). İklim değişikliğinin gıdalar üzerindeki etkileri büyük ölçüde değişiklik gösterir. Daha uzun yetiştirme mevsimleri bazı ürünler için faydalı olabilirken, bazıları için zararlı olabilir. Bu değişiklikler bir araya geldiğinde, geçimlerini sürdürebilecek başarılı ürünler yetiştirmek isteyen çiftçiler için ek zorluklar ortaya çıkaracaktır. Daha sıcak bir iklim aynı zamanda daha fazla zararlıya yol açabilir veya bir bölgede yetişebilecek ürün türlerini sınırlayabilir (EPA 2021). Bu durum, bazı insanların güvenli ve besleyici gıdalara erişimini zorlaştırabilir. Ayrıca, iklim değişikliği insanların Salmonella veya E. coli gibi hastalıklara neden olabilen belirli bakterilere maruz

kalmasını artırabilir (Ziska et al., 2016). İklimle ilgili aşırı hava koşulları ve sıcaklık hava kalitesini kötüleştirebilir. Orman yangınları ve kuraklıklardan kaynaklanan toz, dış mekan hava kirliliğini artırabilir (West et al., 2023). Sıcak hava, yer seviyesindeki ozon seviyesini artırabilir (Nolte et al., 2018). Sel baskınlarından kaynaklanan bakteri ve küf, iç mekânlarda kirleticilere yol açabilir. Kötü hava kalitesi, kalp hastalığı ve felç, astım ve diğer solunum yolu hastalıkları, gebelik komplikasyonları ve bazı kanserler dâhil olmak üzere insan sağlığı riskleri oluşturur (EPA. 2021; Nolte et al., 2018).

3. Böcek ve Kene Kaynaklı Hastalıklar

Daha sıcak hava sıcaklıkları, kenelerin yaşayabileceği alanların genişlemesine katkıda bulunmaktadır (Beard et al., 2016). Keneler, uygun şekilde tedavi edilmezse uzun süreli hastalıklara yol açabilmektedir. Daha sıcak hava koşulları, sivrisineklerin çoğalmasına yardımcı olan koşullar da yaratır. Örneğin, Batı Nil virüsünün bulaşmasını etkileyebilecek çeşitli faktörler arasında iklim değişikliği nedeniyle daha sık görülebilen ılıman kışlar da hastalık salgınlarıyla ilişkilendirilmiştir (EPA 2021).

4. Ruh Sağlığı ve Refahına Yönelik Tehditler

İklim değişikliğinin hem anlık hem de uzun vadeli etkileri, depresyon, anksiyete ve travma sonrası stres gibi ruh sağlığı sorunlarına yol açabilir. Örneğin, iklimle ilgili doğal afetler, özellikle çocuklar için travmatik olabilir (Gamble et al., 2016). Doğal afetler, istikrarın, toplumun ve bazen de kişinin evinin veya mülkünün kaybına yol açabilir. Sel felaketi yaşayan haneler, bazen yıllar sonra bile daha yüksek düzeyde anksiyete ve depresyon bildirmektedir. Doğal afetler ve kuraklıklar ayrıca daha fazla tütün ve alkol kullanımına ve aile içi şiddete yol açabilir (Ebi et al., 2018; Gearhart, et al., 2018). Ayrıca, genel olarak sıcaklığın şiddetteki artışlarla bağlantılı olduğu görülmüştür (Hayden et al., 2023).

5. Sağlık ve Ekonomi

Yüksek sıcaklıklar ve kötü hava kalitesi, ABD'li işçilerin en yüksek verimlilik kayıplarından sorumlu hastalıklar arasında yer alan kalp hastalıklarıyla ilişkilendirilmiştir (CDC 2024).

Hem kısa hem de uzun vadeli sağlık sorunları, insanlar, toplumlar ve işletmeler için büyük maliyetlere yol açabilir. Bu hastalıklar ekonomik büyümeyi engelleyebilir ve insanların çalışma, okula gitme ve sosyal ilişkilerini sürdürme fırsatlarını kısıtlayabilir (CDC 2021). Fiziksel ve ruhsal sağlık sorunları, insanların işlerini yapmasını zorlaştırabilir ve iş günlerinin kaçırılmasına ve ücret kayıplarına yol açabilir. Kronik tıbbi rahatsızlıklar nedeniyle kaçırılan iş günleri, ABD'li işverenlere her yıl milyarlarca dolara mal oluyor (Asay et al., 2016).

4. SONUÇLAR

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

İklim değişikliği insanların sağlığını da birçok yönden etkiler. İklim değiştikçe, daha fazla insan sıcak hava, sel, kuraklık, fırtına ve orman yangını gibi aşırı hava olaylarına maruz kalabilir. Bu olaylar hastalığa, yaralanmaya ve hatta ölüme neden olabilir. İklim değişikliği ayrıca böcekler ve keneler tarafından yayılan daha fazla hastalığa yol açabilir ve zararlı bakteri veya virüslerin yayılması da dahil olmak üzere hava, su ve gıdanın kalitesini ve güvenliğini etkileyebilir. Ayrıca, iklim değişikliğiyle ilgili tehlikeler insanların ruh sağlığını olumsuz etkileyebilir.

Gezegenin sıcaklığı arttıkça iklim değişikliğinin etkileri önemli ölçüde artacaktır. İklim değişikliği küresel biyo-çeşitliliği ve milyarlarca insanın refahını tehdit etmektedir. Ancak iklim değişikliğiyle başa çıkmak için tüm çözümlere sahibiz; hem dünyanın emisyonlarını hızla azaltarak 2050 yılına kadar net sıfıra ulaşmasını sağlayarak hem de toplumumuzdaki en savunmasız nüfusları uyum sağlayarak ve koruyarak. Kamu sağlık sistemlerine yatırım yaparak, bakıma erişimi iyileştirerek ve çevre kirleticilerinin daha sıkı düzenlenmesiyle, ancak en önemlisi iklim değişikliğiyle mücadele ederek ilerleme kaydedilebilir.

KAYNAKÇA

Asay G.R.B., et al. (2016). Absenteeism and employer costs associated with chronic diseases and health risk factors in the U.S. workforce. Prev. Chronic Dis. (13)150503.

Beard, C. B., et al. (2016). Chapter 5: Vectorborne diseases. In The impacts of climate change on human health in the United States: A scientific assessment. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC.

CDC. (2021). Harmful algal bloom (HAB)-associated illness. Retrieved 3/22/2022.

CDC. (2024). Signs and symptoms of untreated Lyme disease. Retrieved 1/2/2025.

Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2024). Fast facts: health and economic costs of chronic conditions. Retrieved 7/23/2024.

Ebi, K.L., et al. (2018). Ch. 14: Human health. In: Impacts, risks, and adaptation in the United States: Fourth national climate assessment, volume II. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, p. 541.

Gamble, J.L., et al. (2016). Ch. 9: Populations of concern. In: The impacts of climate change on human health in the United States: A scientific assessment. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, p. 255.

Gearhart, S., et al. (2018). The impact of natural disasters on domestic violence: An analysis of reports of simple assault in Florida (1999–2007). Violence and Gender, 5, 87–92.

Hayden, M. H., et al. (2023). Ch. 15: Human health. Fifth National Climate Assessment. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, p. 15-9.

https://www.who.int/news/item/02-11-2023-climate-change-and-noncommunicable-diseases-connections, Retrieved 2.11.2023

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). Ch. 11: Weather and climate extreme events in a changing climate. In: Climate change 2021: The physical science basis.

Contribution of Working Group 1 to the Sixth Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press. In press, p. 11-6.
Lall, U., et al. (2018). Ch. 3: Water. In: Impacts, risks, and adaptation in the United States: Fourth national climate assessment, volume II. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, p. 150.
Mahmoud F. H., Mahmoud B.H. (2023).Effect of Climate Change on Health and Critical Care Nurses Practice. The Egyptian Journal of Hospital Medicine. 90,1149-1155.
National Institute of Environmental Health Sciences. Heart Disease. Retrieved 11/30/2022.
NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). (2023). Weather related fatality and injury statistics. Retrieved 1/3/2025 from www.weather.gov/hazstat
Nolte, C.G., et al. (2018). Ch. 13: Air quality. In: Impacts, risks, and adaptation in the United States: Fourth national climate assessment, volume II. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, p. 516.
Nolte, C.G., et al. (2018). Ch. 13: Air quality. In: Impacts, risks, and adaptation in the United States: Fourth national climate assessment, volume II. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, pp. 516–518.
Sarofim, M. et al (2016). Ch. 2: Temperature-Related Death and Illness. The Impacts of Climate Change on Human Health in the United States: A Scientific Assessment. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, p. 50.
Titta L., Cubelo F., McDermott-Levy R., Jaakkola JK., Kuosmanen L. (2024). Climate change integration in nursing education: A scoping review Nursing Education Today, 139, 106210.
U.S. Environmental Protection Agency (2025). Climate Change Impacts on Health. https://www.epa.gov/climateimpacts/climate-change-impacts-health, Climate Change Impacts on Health | US EPA
U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2021). Understanding the connections between climate change and human health. Retrieved 1/21/2022.
West, J.J., et al. (2023). Ch. 14: Air quality. Fifth National Climate Assessment. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, p. 14-5.
WHO (2023). Climate change and noncommunicable diseases: connections.
World Health Organization (WHO). (2019). Ten threats to global health in 2019. Retrieved from. https://www.who.int/news-room/spotlight/ten-threats-to-global-health -in-2019.
Ziska, L., et al. (2016). Ch. 7: Food safety, nutrition, and distribution. In: The impacts of climate change on human health in the United States: A scientific assessment. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, p. 194.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

AN EVALUATION OF ENERGY-RELATED RISKS IN THE AGRICULTURAL SECTOR

Ph.D. Cand. Barkın AKKAYA

Ege University Faculty of Agriculture Department of Agricultural Economics. Izmir-Türkiye, barkin.akkaya74@hotmail.com, ORCID: 0000-0003-1005-518X (Corresponding Author)

Prof.Dr. Sait ENGİNDENİZ

Ege University Faculty of Agriculture Department of Agricultural Economics. Izmir-Türkiye, sait.engindeniz@ege.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7371-3330

Abstract

The agricultural sector, by its very nature, requires intensive energy input across all stages, including production, processing, storage, and distribution. This energy dependency, traditionally relying heavily on fossil fuels, increases the sector's vulnerability to various energy-related risks. Factors such as global climate change, geopolitical tensions, and fluctuations in energy markets pose a direct and significant threat to the sustainability of agricultural production, food security, and cost structure. While energy serves as the core driving force for modern economies, global supply instability, environmental regulations, and uncertainty in the economic conjuncture render it a major source of risk for all sectors. High dependency on fossil fuels creates multi-dimensional threats, including unforeseen cost increases and mounting legal pressure due to carbon emissions. These threats endanger operational costs and long-term sustainability goals. In this context, the agricultural sector exhibits a high energy dependency on fossil fuels and electricity throughout all stages. This dependency makes the sector susceptible to global price shocks and supply disruptions. Sudden increases in energy costs directly escalate the expense of agricultural inputs (particularly fertilizer and diesel), thereby amplifying the risk of food inflation. Furthermore, energy supply disruptions lead to production losses in climate-sensitive agriculture, threatening regional food security. This structural problem necessitates strategies for energy efficiency and the transition to renewable energy sources. The purpose of this study is to evaluate the energy-related risks facing the agricultural sector from a comprehensive perspective. The main material of the study consists of secondary data obtained from national and international organizations such as the Republic of Türkiye Ministry of Energy and Natural Resources (MENR), the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), and the International Energy Agency (IEA), along with a review of relevant literature. The collected statistical data were organized into tables and interpreted.

Key words: energy dependency, energy risks, energy efficiency, sustainable agriculture.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

1. INTRODUCTION

Energy is the cornerstone of modern agricultural systems, essential for global food security in an era of escalating population growth and technological advancement. The sector is inherently energy-intensive, relying significantly on fossil fuels and electricity across its entire value chain, from tillage and irrigation to fertilizer manufacturing and cold chain distribution (Sebri & Ben Salha, 2014). This dependence, stemming from the sector's unique structural characteristics, elevates agriculture beyond an energy consumer to a domain with a fundamental structural reliance on conventional energy sources (FAO, 2025). This high dependency renders agriculture acutely vulnerable to energy-induced risks. External factors, including global climate change, geopolitical tensions, and high volatility in energy markets, pose significant threats to long-term sustainability and cost structure. Abrupt price increases directly escalate critical input expenses, such as fertilizer production and diesel prices, heightening the risk of food inflation. Furthermore, supply disruptions severely compromise processes like irrigation and storage, threatening national food security (Komarek et al., 2020). Globally, energy production is rising, surpassing 28,000 TWh in 2023, driven by industrialization and population growth. However, reliance on fossil fuels creates multi-dimensional risks, exacerbating price volatility for energy-intensive sectors like agriculture at the macroeconomic level (IRENA, 2024). The imperative to limit climate change is driving global policy, notably the EU's European Green Deal (EGD), which mandates deep emission cuts and the role of technologies like CCUS. Addressing these global risks is particularly critical for developing nations, where reliance on traditional energy sources remains high (89%), reinforcing an unsustainable structure (Zalengera et al., 2014).

Türkiye’s National Energy Plan (2020-2035) aims for ambitious growth while prioritizing energy security and sustainability. Consumption is projected to rise to 205.3 MTEP, yet targets include a 35.3% reduction in energy intensity and an installed capacity of 189.7 GW, largely sourced from renewables (Solar 52.9 GW, Wind 29.6 GW) and Nuclear energy (7.2 GW) (SBD, 2023). Despite global growth in renewables - dominated by Solar PV (IEA, 2025a; IEA2025b) - the sector faces structural challenges, including grid integration issues and supply chain vulnerabilities. As a nation highly dependent on energy imports (MENR, 2022), Türkiye’s agriculture sector faces high and volatile energy costs that disproportionately impact small and medium-sized farms (Cetin et al., 2023; Sarıtunalı, 2021). Consequently, national policy, reflected in the Ministry of Agriculture and Forestry's (MAF) strategic plans, mandates harmonizing growth with climate action, adapting to drought, and promoting integrated policies to increase the sector’s resilience against technology, energy, and water-related risks (MAF, 2025).

2. PURPOSE AND METHODS

The purpose of this study is to evaluate the energy-related risks facing the agricultural sector from a comprehensive perspective. Specifically, this work aims to analytically examine the multi-dimensional threats arising from the sector’s structural energy dependence, such as price shocks, supply disruptions, and increased regulatory pressure stemming from environmental regulations. Furthermore, the study seeks to elucidate the consequential impacts of these threats on the sustainability of agricultural production, food security, and cost structure.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

The primary material for this study consists of secondary data sourced from national and international organizations, including the Turkish Ministry of Energy and Natural Resources (MENR), the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), and the International Energy Agency (IEA). The collected statistical data and indicators have been organized, analyzed, and interpreted through the use of tables. This approach aims to determine the magnitude and nature of energy risks in the agricultural sector and provide a robust basis for subsequent policy recommendations.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Global and Türkiye Energy Outlook

3.1.1. Global Energy Outlook

Global energy production is in a steady upward trend, exceeding 28,000 TWh in 2023, yet the portfolio maintains a structural imbalance: fossil fuels still dominate with 42% of total energy output, while renewables account for a significant 35% (IRENA, 2024). The continued dominance of fossil fuels underscores the inevitability of the energy transition, creating structural vulnerability regarding supply security and deepening long-term climate risks. Global energy consumption reached 28,200 TWh in 2023 (IEA, 2024), primarily propelled by the industrial (38%) and transportation (28%) sectors. This growth momentum, particularly driven by accelerating industrialization in developing economies, necessitates the urgent strengthening of energy efficiency policies and the accelerated market entry of renewables (Oner et al., 2025). Global energy supply security remains sensitive due to the structural reliance on fossil fuels, making it highly susceptible to international price volatility (Yalcin & Dogan, 2023; IEA, 2024).

The trajectory of the energy sector transformation is clearly evident in projections spanning 2010 to 2050. During this period, the share of fossil fuels in the global energy supply is expected to gradually decrease from 86% (2010) to 62% (2050). Conversely, the supply of renewable energy sources is set for substantial growth, projected to increase sharply from 8% (2010) to 31% (2050), led by solar, wind, modern biofuels, and hydrogen. Nuclear energy is also projected to grow steadily, reaching 7% of total supply by 2050. This structural shift illustrates the inevitable transition toward a more resilient and sustainable global energy system (Energy Institute, 2024; Ember, 2024; IEA, 2023; 2024; 2025).

Global primary energy consumption forecasts, presented by the International Energy Agency (IEA) in Table 1, outline the sectoral and regional distribution of global commitments based on current energy policies (2010-2050). These projections anticipate significant, differentiated changes: a notable decrease is expected in North America (USA) and Europe due to efficiency policies, balanced by significant increases in Central/South America and the Asia Pacific region (driven by industrialization/urbanization in China and India), alongside continued growth in Africa and the Middle East. Overall, total global consumption is expected to continue rising, projected to reach 725 EJ (Exajoules) by 2050, up from 632 EJ in 2022 (Table 1). These estimates clearly necessitate more aggressive and transformative energy policies to achieve global climate targets, reflecting major geographical shifts in world energy consumption.

Table 1. Global Primary Energy Consumption Forecasts by Region/Country (EJ)

Continent/ Country	Year							
	2010	2021	2022	2023	2030 (RS)*	2050 (RS)*	2030 (SKD)**	250 (SKD)**
North America	112.4	111.6	114.5	113.0	108.3	101.2	103.4	87.5
USA	94	91.7	93.8	94.5	87.3	79.2	83.4	70.4
Central, South America	26.6	28.5	29.1	29.5	32.6	40.7	32.2	38.4
Brazil	12.2	13.8	14.0	14.2	16.0	19.2	16.1	19.1
Europe	89.2	82.1	78.2	77.5	74.5	66.6	71.2	57.6
EU	64.5	58.9	56.2	55.5	51.7	43.1	49.5	38.0
Africa	28.6	35.9	36.4	37.0	41.1	57.6	34.6	48.6
Middle East	27.1	34.8	36.4	37.0	42.0	54.6	40.0	49.7
Eurasia	35.2	42.0	41.6	41.5	40.4	42.5	38.6	36.9
Russia	28.5	34.6	34.0	33.8	31.9	31.6	30.7	27.6
Asia and Pacific	206.9	276.1	281.0	283.5	309.5	334.8	289.0	286.7
China	107.3	157.6	159.7	161.0	167.7	156.9	157.5	132.9
India	27.9	39.7	42.0	43.0	53.7	73.0	47.6	60.3
Japan	20.9	16.7	16.6	16.5	15.2	12.5	14.8	11.3
Southeast Asia	22.8	29.6	30.3	30.5	37.6	52.0	36.1	46.0
Global Consumption	**541.3**	**624.0**	**632.0**	**620.0**	**667.9**	**725.0**	**627.7**	**622.9**

Note: The two sets of projections for 2030 and 2050 are presented side-by-side. The first projection set (*), which shows higher overall consumption (725 EJ in 2050), is interpreted as the Reference Scenario (RS) based on current policies. The second projection set (**), showing lower consumption (622.9 EJ in 2050), is interpreted as a Sustainable Development Scenario (SKD) or a similar climate-ambitious scenario, reflecting the aggressive policy needs discussed in the text.

Source: IEA, 2023; 2024; Energy Institute, 2024.

3.1.2. Türkiye Energy Outlook

Türkiye's economy demonstrates significant shifts in energy patterns, with total electricity generation reaching 322 TWh in 2023 (Budak, 2025). Analysis shows that coal remains the largest primary source, accounting for 36% of generation, leading to a record high of 72 TWh from imported coal (Ember, 2024). Despite this high fossil fuel dependency, renewable energy sources surpassed a critical threshold, contributing 42% of total electricity production, driven by progress in hydro, wind, and solar (SHURA, 2024). However, the persistent dominant position of fossil fuels constrains the pace of the energy transition, clearly necessitating long-term, comprehensive investments to meet strategic targets of reducing reliance on imported fossil fuels and boosting renewable capacity. Türkiye’s energy supply security remains perpetually vulnerable due to its high level of external dependency on imported primary energy

sources, particularly natural gas and oil, making the country highly susceptible to global market price volatility (SHURA, 2024). The persistent structural reliance on fossil fuels, despite the increased share of renewables, underscores that accelerating the energy transition is vital for economic stability and environmental sustainability.

Türkiye's electricity consumption reached 328.8 TWh in 2023, driven by population growth and economic expansion, with the industrial sector (32%) - led by non-metallic minerals (28.6%) and basic metals (22.4%) - remaining the primary demand determinant (Energy Atlas, 2024). Transitioning these energy-intensive industries to renewable sources is vital for operational competitiveness and national energy security. Between 2010 and 2022, Türkiye's energy supply rose by 49.0% (157.8 MTEP), and while domestic production increased by 61.3%, energy imports simultaneously grew by 47.9% to meet demand. Although the production-to-supply ratio slightly improved from 29.7% to 32.2%, the widening gap and high import dependency emphasize the urgent need for accelerated domestic and renewable energy investments (Table 2).

Table 2. Türkiye's Total Energy Supply, Production, Import, and Export (MTOE)

Year	Energy Supply	Energy Production	Energy Import	Energy Export	Production/ Supply (%)
2010	105.9	31.5	84.6	7.9	29.7
2020	147.2	44.1	114.3	8.8	29.8
2021	159.4	46.7	124.3	9.0	29.3
2022	157.8	50.8	125.1	10.9	32.2
2010-2022 (%)	+49.0	+61.3	+47.9	+38.0	+2.5

Source: MENR, 2023; CME, 2024.

3.2. Importance and Use of Energy in the Agricultural Sector

Rising energy demand from industrialization and population growth has shifted global focus toward energy policy and sustainable development (Denizbilen, 2023). As an energy-intensive domain, the agricultural sector requires a 'green growth' approach that integrates economic development with environmental sustainability (Sebri and Ben Salha, 2014). Achieving this necessitates a dual strategy: reducing fossil fuel dependency and integrating local renewables to maximize efficiency and build economic resilience (Streimikiene and Kyriakopoulos, 2023). While fossil fuels are currently critical for driving irrigation, fertilization, and logistics, their use escalates long-term climate risks. Therefore, enhancing energy efficiency and transitioning to renewable sources - such as solar, wind, and biomass - are critical to lowering operating costs for farmers, shrinking the sector's carbon footprint, and ensuring compliance with international environmental commitments (Woods et al., 2010; Paris et al., 2022).

The urgency for transition is evidenced by Türkiye's agricultural performance and energy profiles over the last decade. Türkiye's agricultural Gross Domestic Product (GDP) has maintained a strong upward trajectory, rising from 55.6 billion TL in 2010 to 197.5 billion TL by the 2024 forecast. In tandem with economic growth, the sector's energy consumption surged from 8.74 million TOE to 22.40 million TOE within the same period, signaling an intensifying

reliance on energy-intensive mechanization. While agriculture's share in total national energy consumption experienced minor fluctuations in the early 2010s, it established a robust upward trend after 2020, peaking at its highest historical level of 4.77% in 2024. This parallel increase in both GDP and energy utilization highlights the fundamental necessity for energy efficiency and the integration of renewable resources to maintain the sector's long-term sustainability (Table 3).

Table 3. Agricultural GDP and Energy Consumption in Türkiye (2010-2024)

Year	Agricultural GDP (Billion TL)	Total Energy Consumption (1000 TOE)	Agricultural Energy Consumption (1000 TOE)	Agriculture's Share in Total Energy (%)	GDP Index (2005=100))
2010	55.6	263,216	8,744	3.32	161.1
2011	61.8	278,585	8,405	3.02	179.1
2012	68.5	291,159	9,046	3.11	198.6
2013	75.2	289,648	8,161	2.82	217.8
2014	82.9	298,728	8,528	2.85	240.3
2015	90.7	364,684	11,048	3.03	263.0
2016	98.6	384,390	12,910	3.36	285.7
2017	107.5	408,467	13,199	3.23	311.6
2018	117.3	413,470	15,878	3.84	340.0
2019	128	412,158	16,383	3.97	371.0
2020	139.8	423,295	18,597	4.39	405.8
2021	152.7	459,803	20,720	4.51	442.6
2022	166.5	453,182	14,167	3.13	482.6
2023	181.4	458,091	20,647	4.51	525.5
2024*	197.5	469,783	22,397	4.77	572.5

*2024 data is based on projections.

Source: MENR, 2023

An examination of the sectoral distribution of Türkiye's primary energy supply reveals that the combined agriculture and commerce group shows only a limited increase in energy consumption, resulting in a relatively low share of the total supply compared to other sectors. This pattern underscores the critical necessity to accelerate the integration of renewable energy sources and enhance energy efficiency specifically within the agricultural sector (Table 4).

Table 4. Sectoral Distribution of Türkiye's Primary Energy Supply (1000 TOE)

Sector	2019	2020	2021	2022	2019-2022 (%)	2021-2022 (%)
Transformation and Energy	33,556	33,597	35,573	37,350	11.3	5.0
Industry	34,300	36,425	41,614	38,107	11.1	-8.4

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Transport	27,687	26,979	30,562	30,721	11.0	0.5
Residential	23,368	25,715	26,148	26,674	14.1	2.0
Agriculture, Commerce	16,953	16,190	17,102	17,683	4.3	3.4
Other	7,076	7,578	7,717	7,020	-0.8	-9.0
Total	144,205	147,168	159,432	157,770	9.4	-1
Total (*)	**110,649**	**113,571**	**123,859**	**120,420**	**8.8**	**-2.8**

(*) Excludes transformation and energy sector.

Source: MENR, 2023; CME, 2024.

3.3. Energy-Related Risks in the Agricultural Sector

3.3.1. Economic risks

The agricultural sector's core economic risk is its structural dependency on fossil fuels and electricity across the value chain, making the input cost structure highly vulnerable to global energy market volatility. Fertilizer production relies heavily on natural gas, while mechanized farming and irrigation depend on diesel. Sharp energy price increases directly escalate these critical input costs, raising farmers' operational expenditures and threatening the financial sustainability of small and medium-sized enterprises operating on marginal profits. Ensuring Türkiye's energy security requires addressing its high dependency on fossil fuel imports (over 75% met via imports), which creates significant supply chain vulnerability. This must be overcome by maximizing renewable potential and implementing targeted energy efficiency policies, which studies show positively impact agricultural value added and national development (Diskaya, 2017; Akyol, 2020).

At the macroeconomic level, high input costs fuel food inflation and reduce the export competitiveness of domestic agricultural products, thereby straining the trade balance. Global energy shocks exacerbate country risk, evidenced by the positive, unidirectional causality between oil/gas prices and Türkiye's Credit Default Swap (CDS) premiums (Kadooglu Aydın & Munyas, 2024). This energy-induced financial fragility is further compounded by the confirmed two-way causality between energy inflation and agricultural product inflation through the cost channel, highlighting the urgent need for cost stabilization (Ozayturk, 2023). The transition to mitigation strategies like energy efficiency and renewables (solar, biogas) introduces significant financial barriers due to high initial investment costs and limited capital access. This can lead to non-performing loans, discouraging crucial modernization investments, and increasing the default risk for farms (Furuoka et al., 2023; Yang et al., 2025). Furthermore, future regulatory pressures (e.g., carbon taxes) risk turning existing fossil fuel assets into economically stranded assets (Sands & Westcott, 2011). Finally, the high cost of energy-imported inputs pressures the current account balance and deters both domestic and foreign investment, restricting technology transfer and long-term economic potential. Effective global risk management requires understanding the complex risk connectedness between energy, agriculture, emissions, and climate change variables. Studies show that systemic risk

propagation is significant, with critical agricultural commodities (corn, wheat) acting as major risk transmitters (Yang et al., 2025). Crucially, climate change itself creates significant risk spillover across all financial markets, proving environmental risks directly affect financial volatility. This asymmetry suggests that minimizing portfolio risk requires keeping the share of energy commodities low in diversification strategies (Furuoka et al., 2023).

3.3.2. Political risks

Although economic policy aims to maximize welfare, agricultural markets necessitate state regulatory intervention due to pronounced market failures caused by high uncertainty (climate events, energy costs) and externalities. The strategic functions of agriculture - contributing to economic growth, poverty reduction, and ensuring food security - underscore its pivotal role (Diskaya, 2017; Esturk & Kaya, 2023). Effective regulation protects producers and consumers by addressing information asymmetry. Consequently, establishing an independent legal framework, such as a Food and Agricultural Markets Regulation and Supervision System, is proposed as a holistic measure to correct market failures, ensure efficient resource use, and enable proactive crisis mitigation (Esturk & Kaya, 2023; Wei et al., 2023). Agriculture's high dependency on imported natural gas and oil exposes the sector to acute geopolitical risks and supply chain volatility. Energy supply concentration in unstable regions creates uncertainty for critical inputs like fertilizer and diesel; where conflicts or sanctions can trigger price shocks that elevate food security to a national security priority. Furthermore, regulatory risks - specifically unpredictable changes in subsidies and the emergence of carbon pricing mechanisms (e.g., CBAM) - introduce cost pressures that disrupt sustainable investment plans (Gunes, 2022). Domestically, rising energy demand fuels inter-sectoral competition for resources, while inconsistencies between national energy and agricultural strategies impede the development of holistic, long-term solutions

Energy-induced risks also manifest within the context of global trade and international agreements. WTO rules may challenge energy or input subsidies, causing sudden cost increases and competitive disadvantages for local producers. The expansion of Border Carbon Adjustment Mechanisms (CBAM) directly subjects exports of energy-intensive agricultural products to political decisions and added taxes (Gunes, 2022). Crucially, food security has become central to modern diplomacy. Energy-dependent nations may be forced to compromise on food security in exchange for energy guarantees during political negotiations, creating a critical risk where food security becomes a foreign policy leverage tool. The energy vulnerability of the agricultural sector is thus a strategic risk that restricts national political maneuverability.

3.3.3. Legal/regulatory risks

The legal dimension of energy-induced risks stems from the mandatory compliance with national and international environmental regulations. Heightened legal pressures, particularly those combating climate change, introduce new standards restricting the sector's fossil fuel use and high carbon footprint. Compliance with regulations concerning emission limits, waste management, and water pollution necessitates fundamental operational changes and additional investment. Businesses failing to adapt accurately risk severe legal sanctions, such as heavy

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

fines, production restrictions, or revocation of permits. Furthermore, the supervision of energy-intensive processes like the cold chain under food safety standards creates an additional layer of legal risk (Adelhardt & Berneiser, 2024).

The strategy to transition to renewable sources (e.g., rooftop solar or biogas) introduces new legal risks, primarily centered on legal uncertainty and bureaucratic barriers in land use, zoning, and permitting. Insufficient or frequently changing regulations regarding the allocation of agricultural land for renewable energy projects can cause prolonged delays and increased investment costs. Complex licensing for waste management and environmental impacts of biogas facilities also creates significant legal risk, diminishing the investment return (Adelhardt & Berneiser, 2024). Another risk dimension arises from energy sales contracts and commercial disputes. Cost escalation clauses in long-term Power Purchase Agreements (PPA) or gas supply contracts can result in adverse outcomes during market volatility. Disputes over the interpretation of *force majeure* conditions, often triggered by government price intervention or supply cuts, consume financial resources and disrupt stability, thus increasing the legal risk perception concerning the sector's overall energy security.

3.3.4. Social risks

The most pronounced social consequence of energy-induced risks is the resulting food inflation and price volatility driven by rising input costs. Abrupt surges in energy prices translate to unpredictable increases in the cost of staple foods, exerting severe pressure on low and middle-income household budgets, thereby deepening household poverty and increasing malnutrition. This societal impact creates significant political and social pressure on governments, carrying the potential for social unrest beyond macroeconomic instability. Rising costs in energy-intensive production threaten farm profitability, leading to employment losses in rural areas and triggering internal migration to urban centers. This outflow of skilled labor diminishes agricultural expertise and weakens the social structure of rural communities. Furthermore, the structural risk posed by energy transition (e.g., automation) temporarily reduces the demand for traditional agricultural labor, potentially deepening rural poverty and social inequality. Energy-induced risks can also escalate the perception of energy injustice, as disparities in subsidies and incentives often allow large operations to manage risks more easily, leaving smaller farmers to struggle with energy poverty and fueling perceptions of unfair competition (Yakan & Ozer, 2023). The increasing importance of renewable energy (RE) investments is directly linked to factors like the social dimension and public acceptance. Research indicates significant deficiencies and risks in addressing this social aspect institutionally, revealing a lack of specific discourse or strategic planning concerning the social dimension in RE investment activities. This institutional gap creates a major social risk regarding local ownership and the long-term sustainability of projects. Coordination deficits among investor institutions and the absence of simplified regulatory mechanisms further complicate the social acceptance process. Failure to manage these risks impeding the transformation of energy use, thus obstructing the achievement of sustainable development goals (Yakan & Ozer, 2023).

3.3.5. Technological risks

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Obsolete machinery drives excessive fossil fuel and electricity consumption in Türkiye, increasing energy costs and vulnerability to future carbon taxes. Transitioning to renewables (solar, biogas) addresses this but introduces risks related to intermittent supply and battery storage management. Furthermore, the shift to IoT-driven smart agriculture creates cybersecurity vulnerabilities, where potential cyberattacks or data breaches on digital infrastructure could destabilize operations and cause significant production losses. The mandatory adoption of digitalization and innovative technologies is severely challenged by human capital deficits and structural barriers in rural areas (Pakdemirli et al., 2021). The high average age and low skill level of the rural population create resistance to the complex digital tools required for Agriculture 4.0 and smart energy solutions. Furthermore, the low and unstable income of agricultural enterprises, combined with the low-liquidity nature of farm capital, limits their access to modern, high-initial-investment technologies (Guldal & Ozcelik, 2021). This financial constraint prevents the technological adaptation required to manage energy risks effectively. This technological advancement also creates a structural employment risk, evidenced by analysis showing that R&D expenditure negatively affects the share of agricultural employment, accelerating the shift of labor to the industry and services sectors (Topcu, 2021). This necessitates urgent re-skilling and structural adaptation policies to protect rural employment and social structure. Maintaining social balance is vital for development goals, requiring a regional approach in rural development planning (Gunay et al., 2022).

3.3.6. Environmental risks

Global climate change is defined as long-term shifts in the planet's climate system, primarily caused by the greenhouse effect resulting from anthropogenic Greenhouse Gas (GHG) emissions. This phenomenon is a global crisis manifesting through factual changes like rising temperatures, sea-level rise, and increased frequency of extreme weather events (Aydogdu, 2024; Hassan et al., 2024). Managing these adverse effects relies on two core strategies: Mitigation (limiting emissions via clean energy transition and carbon taxes) and Adaptation (developing resilience in sectors like water management and agriculture). Rising international awareness necessitated global governance, formalized through key milestones like the UN Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (1992) and the legally binding Kyoto Protocol (1997). Türkiye affirmed its commitment by becoming a party to the UNFCCC in 2004 and the Kyoto Protocol in 2009 (Binboga, 2017; Ozturk et al., 2018).

The agricultural sector’s reliance on fossil fuels for mechanization and inputs drives high GHG emissions, making it both a contributor to and a victim of climate change. Studies in Türkiye confirm that non-renewable energy consumption and urbanization increase CO_2 levels, validating the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis (Okumus, 2020), while long-term data links the sector to rising methane and nitrous oxide emissions (Aksu et al., 2025). These trends exacerbate Mediterranean drought risks, threatening up to 40% yield losses in strategic crops (Dinc & Togay, 2025). Additionally, the high energy intensity of irrigation in arid regions compounds desertification, while the leaching of energy-intensive chemical fertilizers causes eutrophication, threatening long-term ecosystem stability.

Even renewables strategies introduce new risks: The deployment of large-scale Solar (GES) and Wind (RES) farms on agricultural lands can lead to land-use conflicts and negative impacts

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

on biodiversity. Utilizing agricultural products for biofuel production carries the risk of Indirect Land Use Change (ILUC) emissions. Moreover, the improper management of biowaste from biogas facilities and the disposal of e-waste from panels and turbines introduce new pollution risks (Okumus, 2020; Bıcakcı et al., 2023). The increasing environmental issues place the agricultural sector at the center of the global policy agenda. The long-term relationship between energy and agricultural commodity price volatility (Woods, et al, 2010; Gunes, 2022). highlights the critical importance of portfolio diversification. To mitigate environmental demands, tools like the Ecological Footprint (EF) underscore the need for R&D to reduce toxic gas emissions (Kılınc, 2021). Policy recommendations prioritize systems that ensure both food and energy production simultaneously, such as the development of Agrivoltaic systems and favoring installations like floating solar farms over those that consume agricultural land (Okumus, 2020; Bıcakcı et al., 2023). Adaptation strategies must focus on breeding drought-resistant varieties, sustainable irrigation techniques, and integrated basin-based water management (Dinc & Togay, 2025)

4. CONCLUSION

Achieving the European Green Deal (EGD) objectives necessitates a radical shift away from fossil fuels in agriculture. Comprehensive analysis reveals that approximately 55% of the total energy input in EU agriculture comes from indirect sources (50% from fertilizer production), underscoring a high fossil fuel dependence that creates significant environmental burdens (Paris et al., 2022). This dependency renders the sector highly vulnerable to unpredictable energy price volatility (Majeed et al., 2023; Aluwani, 2023). The most effective mitigation strategy is the implementation of farm-level energy efficiency methods and a rapid transition to Fossil Energy-Free Technologies (FEFTS) (Paris et al., 2022). Meeting the massive electrification demand required for net-zero goals will primarily rely on solar and wind energy, necessitating strategic investment in these technologies, which are forecast to dominate the global energy market by 2050 (SBD, 2023). Türkiye's agricultural sector faces structural dependency on energy-intensive inputs, where rising GDP and high import reliance drive food inflation and worsen the current account deficit. This economic vulnerability is exacerbated by climate-induced risks which increase operational losses and directly threaten national food security. Sustainability within this multi-dimensional risk environment requires a holistic, internationally coordinated strategy built on four pillars. First, technological acceleration must prioritize Agrivoltaic systems and FEFTS integration via modernization-focused R&D. Second, institutional stability necessitates independent mechanisms, such as a Food and Agricultural Markets Regulation System, to streamline renewable energy permitting (Esturk & Kaya, 2023). Third, financial resilience should be bolstered by enhancing farmer access to risk-mitigating instruments and increasing alternative energy use to alleviate Country Risk (CDS). Finally, developing human capital through tailored training is critical to overcome the challenges of an aging rural population and accelerate technology adoption (Pakdemirli et al., 2021). This layered approach will reduce energy costs, strengthen food security, and ensure compliance with international commitments like the European Green Deal (EGD) and the Paris Agreement (Paris et al., 2022).

REFERENCES

Adelhardt, N., & Berneiser, J., Risk Analysis for Agrivoltaic Projects in Rural Farming Communities in SSA, *Applied Energy*, 362, 122933, 2024.

Aksu, I. R., Kurudere, G., Altın, A. N., & Derse, O., Greenhouse Gas Emission Estimation and Risk Assessment for Sectors, *International Scientific and Vocational Journal (ISVOS Journal)*, 9(1), 81–93, 2025.

Akyol, M., The Effect of Energy Consumption on Agricultural Value Added: Panel Data Analysis for EU Accession Economies, *Journal of Social Sciences of Mus Alparslan University (anemon)*, 8(3), 195–210, 2020.

Aluwani, T., Agricultural Economic Growth, Renewable Energy Supply and CO_2 Emissions Nexus, *Economies*, 11(3), 85, 2023.

Aydogdu, M. H., Climate Change: Problems and Can They Be Managed?, *Socıal Scıence Development Journal (SSDjournal)*, 9(46), 79–91, 2024.

Bıcakcı, E., Balabanli, C., & Acar, E., Evaluations on the Installation of Wind and Solar Energy Systems in Agricultural and Pasture Areas, *Iğdır University Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(1), 700–712, 2023.

Binboga, G., Examination of the Flexibility Mechanisms of the Kyoto Protocol within the Scope of Sustainability and Türkiye's Situation, *CBÜ Journal of Social Sciences*, 15(4), 207–238, 2017.

Budak, Y., The Effect of Renewable Energy Consumption on Economic Growth: Empirical Findings in the Case of Türkiye (1990–2022), *Journal of Recycling Economy & Sustainability Policy*, 4(1), 93-103, 2025.

Chamber of Mechanical Engineers (CME), *Turkey's energy outlook*, 2024.

Cetin, M., Kapcak, S., & Can, A., Agricultural Energy Consumption–Economic Growth Relationship in the Turkish Economy: A Hidden Cointegration Analysis, *Tekirdağ Journal of Agricultural Faculty*, 20(3), 605–619, 2023.

Denizbilen, S. Y., Energy Demand and its Importance for the World Economy, *Journal of Economic Studies*, 1(1), 18-23, 2023.

Diskaya, S. K., Political Economy Perspective of Renewable Energy Impact on Türkiye's Energy Security, *Marmara University Journal of Political Sciences*, 5(2), 129–150, 2017.

Dinc, A., & Togay, Y., The Effect of Climate Change and Agricultural Drought on Turkish Agriculture, *EUROASIA Journal of Mathematics, Engineering, Natural and Medical Sciences*, 12(2), 387–396, 2025.

Ember, Global electricity review 2024. Available at: https://ember-climate.org/insights/research/global-electricity-review-2024/ (Accessed: 10.12.2024), 2024.

Energy Institute, *Statistical review of world energy-2024*. London, 2024.

Energy Atlas, Türkiye's energy transition 2024 assessment and 2025 projection. Available at: https://www.enerjiatlasi.com, (Accessed: 19.12.2024), 2024.

Esturk, O., & Kaya, S., The Importance of Regulation in Food and Agricultural Markets, *Political Economic Theory*, 7(2), 479–484, 2023.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), FAOSTAT Statistical Database. Available at: http://www.fao.org/faostat, (Accessed: 28.11.2025), 2025.

Furuoka, F., Yaya, O. S., Ling, P. K., Al-Faryan, M. A. S., & Islam, M. N., Transmission of Risks Between Energy and Agricultural Commodities: Frequency Time-varying VAR, Asymmetry and Portfolio Management, *Resources Policy*, 81, 103339, 2023.

Guldal, H. T., & Ozcelik, A., Evaluation of Capital Structures of Agricultural Enterprises for Suitability to Smart Agriculture, *Journal of Agricultural Economics*, 28(1), 1-11, 2021.

Gunay, U., Cay, T., & Dursun, S., A General Overview of Rural Development Policies and Their Environmental Effects, *National Environmental Sciences Research Journal*, 5(1), 1–10, 2022.

Gunes, H., Determination of the Relationship Between Energy and Agricultural Commodities with the ARDL Model, *Kastamonu University Journal of the Faculty of Economics and Administrative Sciences*, 24(2), 156–167, 2022.

Hassan, A. Y., Mohamed, M. A., Ahmed, M. A., Mohamed, M. A., & Osman, B. M., Toward Environmental Sustainability: The Nexus between Agriculture, Renewable Energy, and Economic Growth in Mitigating CO_2 Emissions in Somalia, *International Journal of Energy Economics and Policy*, 14(6), 127–135, 2024.

International Energy Agency (IEA), (Revised version October), *Renewables 2025: Analysis and forecasts to 2030*. IEA. CC BY 4.0, 2025b.

International Energy Agency (IEA), Global energy review 2025- Electricity section. Available at: https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2025/electricity, (Accessed: 12.06.2025), 2025a.

International Energy Agency (IEA), *World energy outlook 2023*, 2023.

International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable energy statistics 2024*. Abu Dhabi, 2024.

Kadooglu Aydın, G., & Munyas, T., The Relationship Between Country Risk Premium and Energy Commodity Prices: The Case of Türkiye, *Journal of Yasar University*, 19(74), 248–266, 2024.

Kılınc, E. C., Ecological Footprint-Energy R&D Expenditures Relationship: The Case of OECD Countries, *Omer Halisdemir University Journal of the Faculty of Economics and Administrative Sciences*, 14(2), 527–541, 2021.

Komarek, A. M., De Pinto, A., & Smith, V. H., A Review of Types of Risks in Agriculture: What We Know and What We Need to Know, *Agricultural Systems*, 178, 102738, 2020.

Majeed, Y., Khan, M. U., Waseem, M., Zahid, U., Mahmood, F., Majeed, F., Sultan, M., & Raza, A., Renewable Energy as an Alternative Source For Energy Management in Agriculture, *Energy Reports*, 10, 344–359, 2023.

Ministry of Agriculture and Forestry (MAF), *Ministry of Agriculture and Forestry 2024-2028 Strategic Plan Updated Version*, 2025.

Ministry of Energy and Natural Resources (MENR), 2022 general energy balance. Available at: https://enerji.gov.tr/eigm-raporlari, (Accessed: 12.06.2025), 2023.

Ministry of Energy and Natural Resources (MENR), *Türkiye National Energy Plan*. Ankara, 2022.

Okumus, I., Relationship Between Renewable Energy Consumption, Agriculture and CO_2 Emissions in Türkiye, *International Journal of Economics and Innovation*, 6(1), 21–34, 2020.

Oner, R. B., Acar, M., & Cırak, A. N., The Effects of Renewable Energy and Climate Change on Growth: E7 Countries, *EfilJournal*, 8(1), 32-50, 2025.

Ozayturk, G., The Effect of Energy Inflation on Agricultural Product Inflation: The Case of Turkey, *Fiscaoeconomia*, 7(Special Issue), 708–727, 2023.

Ozturk, H. H., Kucukerdem, H. K., Mutlu, N., Gozubuyuk, Z., & Atay, Ü., Sustainability Indicators for Energy Use and Environmental Impacts in Agricultural Production, *Journal of Agricultural Machinery Science*, 14(3), 199–204, 2018.

Pakdemirli, B., Birisik, N., Aslan, İ., Sonmez, B., & Gezici, M., The Use of Digital Technologies in Turkish Agriculture and Agriculture 4.0 in the Agri-Food Chain, *Soil and Water Journal*, 10(1), 78-87, 2021.

Paris, B., Vandorou, F., Balafoutis, A. T., Vaiopoulos, K., Kyriakarakos, G., Manolakos, D., & Papadakis, G., Energy Use in Open-field Agriculture in the EU: A Critical Review Recommending Energy Efficiency Measures and Renewable Energy Sources Adoption, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 158, 112098, 2022.

Presidency of the Republic of Türkiye Strategy and Budget Department (SBD), *Twelfth Development Plan (2024-2028) Energy Technologies Working Group Report*. Ankara. ISBN 978-625-8356-42-7, 2023.

Sands, R., & Westcott, P., *Impacts of Higher Energy Prices on Agriculture and Rural Economies* (Economic Research Report Number 123). U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service, 2011.

Sarıtunalı, H. N., Türkiye's Energy Policy in the Context of Environmental Security and Energy Supply Security, *International Journal of Management Academy*, 4(2), 409–421, 2021.

Sebri, M., & Ben Salha, O., On the Causal Dynamics Between Economic Growth, Renewable Energy Consumption, CO_2 emissions, and Trade Openness: Fresh Evidence From BRICS countries, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 14-23, 2014.

SHURA, Energy data, SHURASTAT, May 28, 2024, 2024.

Streimikiene, D., & Kyriakopoulos, G. L., Energy Poverty and Low-Carbon Energy Transition, *Energies*, 16, 610, 2023.

Topcu, E., The Effect of Technological Development on Employment: A Sectoral Analysis on the Turkish Economy, *Nevşehir Hacı Bektaş Veli University SBE Journal*, 11(2), 481–491, 2021.

Wei, Y., Wang, Y., Vigne, S. A., & Ma, Z., Alarming Contagion Effects: The Dangerous Ripple Effect of Extreme Price Spillovers Across Crude Oil, Carbon Emission Allowance, and Agriculture Futures Markets, *Journal of International Financial Markets, Institutions & Money*, 88, 101821, 2023.

Woods, P. T., Hall, D. O., & Woods, J. L., *Biomass and Bioenergy*, Wiley-Blackwell, 2010.

Yakan, Ö. O., & Ozer, Y. E., Social Dimension of Renewable Energy Investments and Applications: Izmir Analysis, *Izmir Journal of Social Sciences*, 5(2), 108–121, 2023.

Yalcin, A. Z., & Dogan, M., The Problem of Foreign Dependency in Energy: An Empirical Analysis for Turkey, *Journal of Management and Economics*, 30(2), 203-223, 2023.

Yang, Y.-H., Shao, Y.-H., & Zhou, W.-X., Contemporaneous and Lagged Spillovers Between Agriculture, Crude Oil, Carbon Emission Allowance, and Climate Change, *Finance Research Letters*, 71, 106374, 2025.

Zalengera, C., Blanchard, R. E., Eames, P. C., Juma, A. M., Chitawo, M. L., & Gondwe, K. T., Overview of The Malawi Energy Situation and a PESTLE Analysis for Sustainable Development of Renewable Energy, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 38, 335–347, 2014.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ŞEKER PANCARINDA FUNGAL KÖK ÇÜRÜKLÜKLERİ: ARTAN TEHDİT VE YÖNETİM STRATEJİLERİ

Ziraat Yüksek Mühendisi RABİA HANDE ŞEN
Selçuk Üniversitesi, handesn001@gmail.com- 0009-0005-9893-5393

Prof. Dr. NUH BOYRAZ
Selçuk Üniversitesi,
nboyraz@selcuk.edu.tr

ÖZET

Şeker pancarı üretiminde kök çürüklüğü hastalıkları**,** özellikle toprak kökenli fungal etmenlerin yaygınlaşmasıyla birlikte son yıllarda önemli düzeyde ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Arazi çalışmalarında köklerde kararma, çürüme, dokularda parçalanma ve bitkide solgunluk gibi belirtiler gözlenmiş; bu semptomların literatürde *Rhizoctonia spp., Fusarium spp., Pythium spp.* ve *Macrophomina phaseolina* ile ilişkili olduğu anlaşılmıştır. Bu patojenler kök sisteminde nekroz, iletim demetlerinde tıkanma ve doku kollapsına neden olarak bitkinin su–besin alımını engellemekte, bunun sonucunda hem kök verimi hem de polarite değerleri ciddi oranda düşmektedir. Verim kayıplarının çevresel koşullara ve etmen yoğunluğuna bağlı olarak %20–80 arasında değişebildiği bildirilmiştir.

Yürütülen çalışmada, farklı bölgelerden alınan örneklerde hastalığa ait tipik morfolojik bulgular incelenmiş; patojenlerin mikroskobik özellikleri, koloni yapıları ve enfeksiyon belirtileri ayrıntılı şekilde değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, bölgedeki kök çürüklüğü vakalarının birden fazla fungal etmenin ortak etkisiyle oluştuğunu göstermektedir.

Sonuçlar, hastalığın yönetiminde entegre mücadele stratejilerinin gerekliliğini açıkça ortaya koymaktadır. Uygun ekim nöbeti, sertifikalı tohum kullanımı, iyi drenaj, dengeli bitki besleme gibi kültürel önlemler temel uygulamalar olarak öne çıkmaktadır. Bunun yanında, fide döneminde kayıpları azaltan tohum ilaçlamaları ile *Trichoderma spp.* ve *Bacillus spp.* gibi biyolojik kontrol ajanlarının kullanımının desteklenmesi gerektiği belirlenmiştir. Çalışma, şeker pancarı üretim alanlarında kök çürüklüğü etmenlerinin izlenmesi ve dayanıklı çeşit geliştirilmesine yönelik ıslah programlarının önemini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Şeker pancarı, Entegre mücadele, *Fusarium spp., Rhizoctonia spp., Pythium spp.*

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

FUNGAL ROOT ROTS İN SUGAR BEET: INCREASİNG THREAT AND MANAGEMENT STRATEGİES

ABSTRACT

Root rot diseases have emerged as one of the major constraints in sugar beet production, particularly due to the increasing prevalence of soil-borne fungal pathogens. Field observations revealed darkening, tissue decay, root deterioration, and wilting symptoms, which are consistent with those caused by *Rhizoctonia spp.*, *Fusarium spp.*, *Pythium spp.*, and *Macrophomina phaseolina* as documented in the literature. These pathogens induce necrosis in root tissues, disrupt vascular transport, and impair the plant's ability to absorb water and nutrients. As a result, both root yield and sugar content are significantly reduced, with reported yield losses ranging from 20% to 80%**,** depending on pathogen density and environmental conditions.

In this study, symptomatic root samples collected from different fields were examined through macroscopic and microscopic evaluations. Distinct colony morphologies and structural characteristics of the pathogens were identified, indicating that root rot cases in the region are generally caused by the combined activity of multiple fungal agents.

The findings highlight the necessity of adopting integrated disease management strategies**.** Cultural practices—including crop rotation, the use of certified seeds, improved drainage, and balanced fertilization—represent the most effective preventive measures. Additionally, seed treatments and biological agents such as *Trichoderma spp.* and *Bacillus spp.* can reduce early-season losses and suppress soil-borne pathogens. The study underscores the importance of continuous monitoring of root rot pathogens in sugar beet production areas and emphasizes the need for breeding programs aimed at developing tolerant or resistant cultivars.

Keywords: Sugar beet, Integrated management, *Fusarium spp., Rhizoctonia spp., Pythium spp.*

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

1. GİRİŞ

Şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.), dünya genelinde şeker üretiminde önemli bir paya sahip olan stratejik tarım bitkilerinden biridir. Küresel ölçekte üretilen şekerin yaklaşık üçte biri şeker pancarından elde edilmekte, bu durum bitkinin yalnızca tarımsal değil aynı zamanda ekonomik ve endüstriyel açıdan da büyük bir öneme sahip olduğunu göstermektedir. Türkiye'de şeker pancarı, uzun yıllardır tarım ve sanayi entegrasyonunun en başarılı örneklerinden biri olarak kabul edilmekte; şeker sanayisinin yanı sıra hayvancılık, maya, alkol ve enerji sektörlerine sağladığı yan ürünlerle çok yönlü bir katkı sunmaktadır.

Şeker pancarı yetiştiriciliği, kırsal ekonomiyi desteklemesi, çiftçiye düzenli gelir sağlaması ve tarıma dayalı sanayinin sürekliliğini mümkün kılması bakımından ülke tarımı içinde özel bir konuma sahiptir. Ancak bu stratejik ürünün verim ve kalite potansiyeli, üretim sürecinde karşılaşılan çeşitli biyotik ve abiyotik stres faktörleri nedeniyle önemli ölçüde sınırlandırılmaktadır. Bu faktörler arasında bitki hastalıkları, özellikle de toprak kökenli fungal patojenlerin neden olduğu kök çürüklüğü hastalıkları, son yıllarda giderek daha büyük bir tehdit unsuru haline gelmiştir.

Şeker pancarında kök sistemi, bitkinin su ve besin elementlerini almasını sağlayan temel yapı olması nedeniyle, sağlıklı bir gelişimin ön koşuludur. Kök dokusunda meydana gelen herhangi bir bozulma, bitkinin fizyolojik dengesini olumsuz etkilemekte ve doğrudan verim kaybına yol açmaktadır. Toprak kökenli fungal etmenlerin neden olduğu kök çürüklüğü hastalıkları, kök dokusunda nekroz, yumuşama, iletim demetlerinde tıkanma ve doku çökmesi gibi belirtilerle kendini göstermektedir. Bu durum yalnızca kök gelişimini baskılamakla kalmamakta, aynı zamanda bitkinin toprak üstü organlarında da solgunluk, bodurlaşma ve erken yaşlanma gibi sekonder belirtilere neden olmaktadır.

Kök çürüklüğü hastalıklarının oluşturduğu kayıplar genellikle göz ardı edilmekte veya geç fark edilmektedir. Bunun temel nedeni, hastalığın büyük ölçüde toprak altında gelişmesi ve çoğu zaman hasat dönemine kadar belirgin semptomlar vermemesidir. Ancak hasat sırasında ortaya çıkan kök çürümesi, yumuşama ve doku kayıpları, ürünün pazarlanabilirliğini ve işlenebilirliğini ciddi şekilde düşürmektedir. Bu nedenle kök çürüklüğü hastalıkları, literatürde sıklıkla "sessiz verim kaybı etmenleri" olarak tanımlanmaktadır.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Şeker fabrikalarına sevk edilen hastalıklı pancarlarda fire oranının artması, kesim ve difüzyon aşamalarında yaşanan teknik sorunlar ve şeker ekstraksiyonunun zorlaşması, üretim maliyetlerini yükseltmektedir. Ayrıca çürük kök dokusunda şekere eşlik eden saflık bozucu maddelerin artması, elde edilen şeker kalitesini de olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durum, kök çürüklüğü hastalıklarının yalnızca tarla verimini değil, tüm üretim zincirini etkileyen önemli bir sorun olduğunu ortaya koymaktadır.

Literatürde şeker pancarında kök çürüklüğü hastalıklarına neden olan başlıca fungal etmenler arasında *Rhizoctonia* spp., *Fusarium* spp., *Pythium* spp. ve *Macrophomina phaseolina* yer almaktadır. Bu patojenler, farklı çevresel koşullarda ve üretim sistemlerinde değişen şiddetlerde hastalık oluşturmaktadır. Özellikle yüksek toprak sıcaklığı, aşırı nem veya kuraklık, yanlış sulama uygulamaları ve sürekli aynı ürünü ekmeye dayalı üretim sistemleri, bu etmenlerin toprakta birikmesine ve hastalık şiddetinin artmasına zemin hazırlamaktadır.

Toprak kökenli fungal etmenlerin en önemli özelliklerinden biri, toprakta uzun süre canlı kalabilmeleri ve uygun koşullar oluştuğunda hızla enfeksiyon oluşturabilmeleridir. Bu durum, kök çürüklüğü hastalıklarının kontrolünü güçleştirmekte ve kimyasal mücadele yöntemlerinin çoğu zaman yetersiz kalmasına neden olmaktadır. Ayrıca bu patojenlerin birçoğu geniş konukçu dizisine sahip olup, farklı bitki türlerinde latent enfeksiyonlar oluşturabilmektedir. Bu özellik, ekim nöbeti yapılmadığı durumlarda hastalığın yayılma riskini daha da artırmaktadır.

Son yıllarda iklim değişikliği ile birlikte artan sıcaklık stresi ve düzensiz yağış rejimleri, kök çürüklüğü etmenlerinin epidemi potansiyelini daha da yükseltmiştir. Özellikle sıcak ve kurak koşulları seven *Macrophomina phaseolina* gibi patojenlerin yayılış alanlarının genişlediği ve daha önce düşük riskli kabul edilen bölgelerde dahi ciddi kayıplara yol açtığı bildirilmektedir. Bu durum, şeker pancarı üretiminde kök çürüklüğü hastalıklarının gelecekte daha büyük bir tehdit oluşturabileceğini göstermektedir.

Bu çalışma, şeker pancarında fungal kök çürüklüğü hastalıklarını literatür bilgileri ve arazi gözlemleri ışığında ele alarak; başlıca etmenlerin genel özelliklerini, oluşturdukları belirtileri ve ekonomik etkilerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca hastalığın yönetiminde uygulanabilecek kültürel, biyolojik ve entegre mücadele yaklaşımlarının önemini vurgulayarak, sürdürülebilir şeker pancarı üretimine katkı sağlamayı hedeflemektedir.

2. Kök Çürüklüğü Hastalık Etmenleri

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Şeker pancarında kök çürüklüğüne neden olan fungal etmenler genellikle toprak kökenlidir ve bu nedenle tarım alanlarında uzun yıllar canlı kalabilme yetenekleri bulunmaktadır. Kök dokusuna nüfuz ettikten sonra iletim demetlerinde tıkanmalara neden olarak bitkide solgunluk, bodurluk, gelişim geriliği ve en sonunda ölüm ile sonuçlanan fizyolojik problemler oluştururlar. Bu hastalık etmenlerinin mücadelesinin zor ve karmaşık olmasının temel sebeplerinden biri de toprak içerisinde gizli bir şekilde ilerlemeleri, enfeksiyon belirtilerinin çoğu zaman ancak ileri seviyelerde ortaya çıkmasıdır. Araştırmalar, özellikle Rhizoctonia spp., Fusarium spp., *Pythium spp.* ve *Macrophomina phaseolina* gibi patojenlerin şeker pancarında yaygın olarak görüldüğünü belirtmektedir. Her bir etmenin farklı çevresel koşullarda aktifleşmesi, farklı yayılış stratejilerine sahip olması ve kimyasal mücadeleye sınırlı düzeyde yanıt vermesi, bütüncül yaklaşımların zorunlu olduğunu göstermektedir.

2.1. *Rhizoctonia spp.*

Rhizoctonia spp.i morfolojik açıdan incelendiğinde genç dönem hiflerinin şeffaf ve renksiz olduğu, gelişim ilerledikçe hücre duvarlarında melanin birikimi ile birlikte kahverengimsi bir görünüm kazandığı ifade edilmektedir. Hifler kalın duvarlı ve belirgin şekilde septalıdır. En karakteristik özelliği ise dallanan hiflerin tabanında daralma bulunması ve yan dalların ana hife yaklaşık 90° açıyla bağlanmasıdır. Bu yapısal özellik, patojenin mikroskobik teşhisinde ayırt edici bir kriter olarak kullanılmaktadır. Hif uçlarında düzensiz hücre bölünmeleri görülmekte, zaman zaman hiflerin birleşerek daha kompakt yapılar oluşturduğu da kaydedilmektedir.

Laboratuvar koşullarında patojenin kültürü PDA (Patates Dekstroz Agar) gibi standart besiyerlerinde hızlı gelişim göstermekte ve başlangıçta açık kahverengimsi tonlarda olan koloni, zamanla koyu kahverengi hatta siyaha yakın bir görünüm almaktadır. Koloni dokusu sıkı, keçe şeklinde ve yoğun miselyal yapıdan oluşur. Besiyerinin alt yüzeyi de zamanla pigmentasyon göstererek koyu renk alır. Kültür yaşlandıkça sklerotial yapılar görülebilir ve bunlar patojenin çevresel dayanıklılığını artırarak toprakta uzun süre canlı kalmasına aracılık eder.

Kök dokusunda gerçekleştirdiği enfeksiyon mekanizması yüksek düzeyde virülans ile bağlantılıdır. Patojen bitkinin epidermis tabakasını çökerten etkiye sahip enzimler salgılayarak hücre bütünlüğünü bozar. Böylece iletim demeti dokularına kadar ilerler ve su ile besin maddelerinin taşınmasını engeller. Bu süreç solgunluk belirtilerinin ortaya çıkmasının temel nedenidir. Hastalık ilerledikçe kök yüzeyinde karakteristik merdiven basamağı görünümünde

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

nekrotik alanlar ortaya çıkar. Dışarıdan katı olarak görülen enfekte doku, ikincil mikroorganizmaların katılmasıyla zamanla yumuşamaya başlar.

Rhizoctonia spp.'nin şeker pancarında neden olduğu zarar yalnızca kök dokusunun tahrip edilmesi ile sınırlı değildir. Kök şekil bozuklukları ve tarladan söküm zorlukları başta olmak üzere, sanayi işlem sürecinde de fire oranının artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle *Rhizoctonia* enfeksiyonu görülen alanlarda hem verim hem kalite kayıpları eş zamanlı olarak ortaya çıkmaktadır.

Bunun yanında etmenin yaşam döngüsü incelendiğinde, uygun olmayan koşullarda uzun süre dormansi hâlinde toprakta canlı kalabildiği, çevresel faktörler elverişli hâle geldiğinde ise hızla gelişerek yeni enfeksiyonlara neden olabildiği bilinmektedir. Özellikle monokültür yapılan alanlarda inokulum yoğunluğu artmakta, böylece hastalık şiddeti sonraki yıllarda daha yüksek seviyede görülmektedir. Bu nedenle *Rhizoctonia* türleri ile mücadelede yalnızca mevcut sezon değil, gelecek üretim sezonları da dikkate alınmak zorundadır.

2.2. *Fusarium* spp.

Fusarium türleri şeker pancarında kök çürüklüğü ve vasküler solgunluk belirtilerine neden olan en önemli toprak kökenli patojen gruplarından biridir. Etmen, özellikle iletim demetlerini hedef alarak ksilem dokusunda tıkanmalara yol açar ve bitkinin su ile mineral maddeleri köklerden üst organlara taşımasını engeller. Bu durum tarla koşullarında yapraklarda önce hafif solgunluk olarak başlar, devamında sararma, geriye dönüşümsüz pörsüme ve kısa sürede bitkinin tamamen kurumasıyla ilerler. Genellikle adacıklar hâlinde görülen bu belirtiler zamanla genişleyerek büyük alanları etkisi altına alabilir. Enfekte bitkilerin kökleri incelendiğinde dış dokuda kahverengileşme ve kabuksu görünüm kaybı, iç dokuda ise iletim demetlerinin koyu kahverengiden siyaha dönüşen renk değişimi dikkat çeker; bu tipik belirti diğer kök çürüklerinden ayırımında önemli kabul edilir. Çürüyen köklerde kopma, lifsi dağılma ve ikincil patojen girişine bağlı olarak kötü koku da oluşabilir. Patogenez sürecinde etmen bitki dokusuna genellikle kılcal kök uçlarından giriş yapar; böcek zararları ve kültürel işlemler sırasında oluşan yaralanmalar enfeksiyon için fırsat oluşturur.

Laboratuvar incelemelerinde *Fusarium* spp. hızlı koloni gelişimiyle dikkat çeker. PDA ve benzeri besiyerlerinde başlangıçta beyaz tonlarında gelişen pamuksu miselyum, zamanla türün özelliklerine bağlı olarak pembe, mor ya da sarımsı pigmentasyon kazanır. Koloninin alt yüzeyi çoğu zaman koyu mor ya da kırmızımsı renk gösterir. Mikroskobik gözlemlerde septalı ve

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

hiyalin hifler belirgindir; dallanmış yapıda ilerleyen bu hifler, ipliksi formlarıyla hızlı yayılım gösterir. Ayrıca *Fusarium* türleri hem makrokonidi hem mikrokonidi oluşturabilen spor yapısı nedeniyle üretken bir çoğalma stratejisine sahiptir. Makrokonidiler orak şeklinde, çok hücreli ve uç kısmı hafif kıvrık yapıdadır; mikrokonidiler ise tek veya az hücreli, daha kısa ve oval formludur. Bu spor yapılarının fazla miktarda oluşabilmesi, patojenin toprakta ve bitki üzerinde uzun süre yayılımını kolaylaştırır. Koloninin yaşlanması ile birlikte klamidospora dönüşen dayanıklı yapılar ortaya çıkar ve böylece fungus olumsuz çevre koşullarına karşı uzun süre canlılığını koruyabilir.

Hastalığın gelişimi sıcak ve nemli toprak koşullarında hızlanır; aşırı azotlu gübreleme, ağır bünyeli ve iyi drenajı olmayan topraklar enfeksiyon şiddetini artırır. Bitkilerin stres altında olduğu kurak dönemler ise patojenin virülansını daha belirgin hâle getirir. Şeker pancarı üretim alanlarında *Fusarium* kaynaklı solgunluk ve çökme sonuç olarak bitkilerin boy gelişiminde gerileme, kök çapında küçülme ve şeker oranında belirgin düşüş meydana getirir. Bu kayıplar yalnızca tarladaki verime değil, aynı zamanda şeker fabrikalarında işleme verimliliğine de doğrudan etki eder; çünkü iletim demetleri zarar gören pancarlarda difüzyon aşaması daha zor gerçekleşir ve fire oranı artar. Ayrıca hasat sonrası depolama sürecinde çürümenin ilerlemesi kayıpları daha da ağırlaştırabilir. Tüm bu nedenlerle *Fusarium* enfeksiyonları ekonomik açıdan yüksek zarar riski taşımakta ve şeker pancarı tarımının sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir. Bu nedenle hastalığın doğru teşhisi, bölgesel yayılış alanlarının belirlenmesi ve uygun mücadele stratejilerinin uygulanması büyük önem taşır.

2.3. *Pythium* spp.

Pythium türleri, şeker pancarı üretiminde özellikle erken gelişim dönemlerinde fide çökertenine neden olan, toprak ve su kaynaklı patojenler arasında önemli bir yer tutmaktadır. Oomycetes sınıfında yer alan bu etmenler, farklı koşullara dayanıklı yapıları sayesinde tarım alanlarında uzun yıllar canlı kalarak yüksek seviyede inokulum oluşturabilmektedir. Hastalığın ilk belirtileri genellikle tohum ve çimlenme aşamasında ortaya çıkar; etmen tohum kabuğuna ya da yeni gelişen kök uçlarına nüfuz ederek doku yumuşaması ve çürüme başlatır. Fidelerde kök boğazı bölgesinde koyu renkli, sulu ve daralmış bir görünüm oluşur; bitkiler toprağa devrilir ve kısa sürede ölür. Hastalık ileri gelişim dönemlerinde de görülebilir ve kök dokularının zayıf, ince ve ipliksi bir form almasına neden olur. Bu durum bitkinin su ve besin maddelerini yeterli düzeyde alamamasıyla sonuçlanır; yapraklarda matlaşma, solgunluk ve büyüme geriliği

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

şeklinde belirtiler ortaya çıkar. Özellikle aşırı nemli toprak koşullarında enfeksiyon şiddeti artar ve tarlada boşluklar şeklinde kendini gösteren yayılımlar görülebilir.

Laboratuvar ortamında yapılan gözlemlerde *Pythium* spp. hızlı koloni gelişimi ile dikkat çeker. PDA gibi standart besi ortamlarında pamuksu ve geniş alanlara yayılan miselyal yapılar oluşturur. Koloni rengi çoğunlukla beyaz ve hiyalin görünümde olup yüzeyde parlak bir yapı sergiler. Patojenin hifleri diğer fungal etmenlerden farklı olarak geniş çaplı, renksiz ve çoğu zaman septa içermeyen yapıda gözlenmiştir; bu, teşhis açısından büyük önem taşır. Mikroskobik incelemelerde etmenin çoğalmasında kritik rol oynayan zoosporangial yapıların ve düzgün çeperli, yuvarlak formdaki oosporların varlığı açıkça seçilebilmektedir. Zoospor adı verilen hareketli sporların suyla taşınabilmesi, özellikle taban suyu yüksek olan arazilerde hastalığın çok hızlı yayılmasına neden olur. Bu nedenle drenaj problemi olan üretim alanları *Pythium* enfeksiyonları için yüksek risk taşır.

Etmenin gelişimini teşvik eden koşullar arasında düşük toprak sıcaklıkları öne çıkmaktadır. Özellikle erken ekim yapılan alanlarda toprak sıcaklığı 10–15°C civarında seyrederken *Pythium* türlerinin aktivitesi artmakta ve çimlenme döneminde büyük kayıplar yaşanabilmektedir. Ayrıca aşırı sulama, ağır bünyeli topraklar, sık ekim normları ve yabancı ot yoğunluğunun fazla olduğu tarlalar hastalığın şiddetini artıran diğer faktörlerdir. Şeker pancarı üretiminde *Pythium* kaynaklı kayıplar yalnızca fide ölümü ile sınırlı kalmaz; hayatta kalan bitkilerin kök yapıları zayıf olduğundan hasat dönemine kadar büyüme performansları düşer, kök çapları küçülür ve verim önemli oranda azalır. Fidelerin kaybıyla birlikte tarlada oluşan boşluklar fotosentetik kapasiteyi düşürdüğü gibi, hasat makinelerinin çalışma düzenini de olumsuz etkileyerek üretim maliyetlerinin artmasına yol açar.

Ekonomik açıdan değerlendirme yapıldığında, *Pythium* spp.'nin erken dönem enfeksiyonlarla yaşattığı kayıpların telafisi çoğu zaman mümkün olmamaktadır. Bu nedenle patojenle mücadelede temel hedef enfeksiyonun ortaya çıkmasını engellemektir. Sağlıklı tohum kullanımı, uygun ekim zamanının belirlenmesi, iyi drenajın sağlanması ve tohum kaplama amaçlı fungisitlerin kullanılması hastalığı kontrol altına almak için kritik öneme sahiptir. Aksi takdirde *Pythium* kaynaklı kayıplar, bitki yoğunluğunu düşürerek verimden şeker oranına kadar birçok parametreyi olumsuz etkiler ve üretici gelirinde ciddi kayıplara yol açar. Bu yönüyle *Pythium* spp., şeker pancarı tarımı açısından mutlaka izlenmesi ve yönetilmesi gereken önemli bir kök çürüklüğü etmeni olarak değerlendirilmektedir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

2.4. *Macrophomina phaseolina*

Macrophomina phaseolina, şeker pancarında kök çürüklüğüne neden olan ve özellikle sıcak ile kurak iklim koşullarının hâkim olduğu üretim bölgelerinde etkinliği artan oldukça yaygın ve yüksek virülanslı bir toprak patojenidir. Etmen, bitkilerin kök bölgesinde kolonize olarak kök kabuğunda kuru çürüme, doku liflerinin ayrılması ve kökün siyahımsı bir görünüm kazanması ile karakterize bir hastalık tablosu oluşturur. Enfeksiyonun erken dönemlerinde kök dokusunda hafif kahverengileşme görülürken, ilerleyen dönemlerde doku zayıflar, çatlamalar ortaya çıkar ve kökün dış yüzeyinde çok sayıda siyah renkli mikrosklerot oluşumu izlenir. Bu mikrosklerotlar çıplak gözle fark edilebilen, küresel ya da düzensiz şekilli, sert ve koyu renkli yapılardır. Patojenin toprakta uzun yıllar canlı kalabilmesini sağlayan bu dayanıklı yapılar, sıcaklık ve kuraklık gibi stres koşullarının artmasıyla beraber daha fazla oluşur ve inokulum yoğunluğunu yükseltir. Hastalık ilerledikçe kök dokusunda iletim sisteminin zayıflaması nedeniyle bitkide su yetersizliği ve fizyolojik kuraklık ortaya çıkar; bu durum yapraklarda ani solgunluk, sararma ve kuruma belirtileriyle kendini gösterir. Üst aksam dokularında görülen çökme ve ilerleyen dönemdeki ölüm, çoğu zaman ileri düzeydeki kök tahribatına bağlıdır ve hasat öncesi dönemde bile hızla yayılabilir.

Laboratuvar çalışmalarında *M. phaseolina*'nın PDA ve benzeri besiyerlerinde oldukça hızlı gelişen bir koloni yapısına sahip olduğu belirlenmiştir. Başlangıçta gri-beyaz tonda olan miselyal yapı, koloni geliştikçe koyu gri hatta siyaha dönüşmektedir. Bu renk değişimi, koloni dokusuna yoğun şekilde biriken mikrosklerotlardan kaynaklanır. Mikroskobik incelemelerde hiflerin septalı, ince yapılı ve hiyalin formda olduğu, koloni yaşlandıkça ise pigmentasyon nedeniyle koyulaştığı gözlenmiştir. Mikrosklerotlar genellikle hiflerin uç veya ara kısımlarında kümelenerek oluşur ve bu yönüyle patojenin teşhisinde önemli bir morfolojik belirteç olarak kullanılır. Besiyeri yüzeyinde pamuksu olmayan daha sıkı ve kuru bir görünüm sergilemesi de *M. phaseolina*'nın diğer kök çürüklüğü etmenlerinden ayrılmasında yardımcı olur.

Patojenin gelişimi çevresel koşullarla doğrudan ilişkilidir. Özellikle 30–35°C gibi yüksek sıcaklık değerleri ve düşük toprak nemi hastalığın şiddetini artırmaktadır. Bu nedenle sulama yetersizliği bulunan veya kurak dönemlere maruz kalan alanlarda yaygın olarak karşılaşılmaktadır. Su stresine giren bitkiler savunma sistemlerini zayıflattığı için bu tür koşullar, patojenin bitki dokusuna daha kolay giriş yapmasına olanak tanır. Ayrıca organik maddece fakir, kötü havalanan ve aşırı kompakt topraklar da hastalığı teşvik etmektedir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Arazide bitkiler arasında düzensiz solma alanları, bitkilerin aniden çökmesi ve hasat sırasında kökün kolay kırılması gibi belirtiler hastalığı açıkça işaret eder.

Ekonomik olarak değerlendirildiğinde, *Macrophomina phaseolina* enfeksiyonlarının neden olduğu zarar çoğunlukla hasat dönemine yakın ortaya çıktığı için üreticiler açısından daha yıkıcı olabilmektedir. Köklerdeki çürüme ve yapısal bozulmalar kökün depolanabilirliğini düşürürken, fire oranını artırmakta ve işleme tesislerinde verim kayıplarına yol açmaktadır. Bütün bu etkiler göz önüne alındığında, *M. phaseolina*'nın son yıllarda iklim değişikliği ile birlikte daha fazla önem kazandığı, özellikle sıcaklıkların arttığı bölgelerde yaygınlığının giderek yükseldiği bildirilmektedir. Bu nedenle hastalığın tarla düzeyinde izlenmesi, inokulum kaynaklarının belirlenmesi ve sürdürülebilir mücadele stratejilerinin geliştirilmesi, şeker pancarı üretiminin geleceği açısından kritik bir gereklilik hâline gelmiştir.

3. MÜCADELE YÖNTEMLERİ

Şeker pancarında kök çürüklüğüne neden olan fungal etmenler toprak kökenli olduklarından, bu hastalıklarla mücadele çok yönlü bir strateji gerektirmektedir. Tek bir yöntemin hastalıkları tamamen baskılaması mümkün olmadığından entegre hastalık yönetimi yaklaşımının uygulanması zorunludur. Aşağıda kültürel, kimyasal ve biyolojik mücadele ilkeleri ile entegre uygulama planı ele alınmıştır.

3.1. Kültürel Mücadele

Toprak kaynaklı patojenlere karşı en etkili ve en ekonomik mücadele yöntemlerini kültürel uygulamalar oluşturmaktadır.

Bu kapsamda uygulanması gereken başlıca yaklaşımlar şunlardır:

- Ekim Nöbeti (Rotasyon): Şeker pancarının aynı tarlada art arda ekilmesi, *Rhizoctonia*, *Fusarium* ve *Macrophomina* inokulum yoğunluğunu artırmaktadır. Tahıl ağırlıklı rotasyon, toprakta patojen canlılığını düşürmekte ve hastalık gelişimini baskılamaktadır. Konya bölgesinde pancar–buğday–arpa rotasyonu yaygınlaştırılmalıdır.
- Sağlıklı Tohum ve Sertifikalı Çeşit Kullanımı: Tohum kaynaklı bulaşma özellikle *Pythium* ve *Fusarium* için büyük risk oluşturmaktadır. Sertifikalı, hastalık toleransı bulunan çeşitlerin kullanımı fidelerde çökerten kayıplarını azaltmaktadır.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

- Toprak Drenajının İyileştirilmesi: Yüksek toprak nemi *Pythium* spp., ağır ve havasız toprak koşulları ise *Rhizoctonia solani* için uygun enfeksiyon ortamı oluşturur. Bu nedenle drenaj kanalları, eğimli sürüm ve sıkıştırmayı önleyen toprak işleme yöntemleri uygulanmalıdır.
- Ekim Zamanının Optimum Seçilmesi: Aşırı nemli ve düşük sıcaklıkta yapılan erken ekimler *Pythium* riskini artırırken, yaz aylarında yüksek sıcaklık ve kuraklık koşulları *Macrophomina* enfeksiyonunu hızlandırmaktadır. Bölgesel iklim penceresine uygun ekim zamanları belirlenmelidir.
- Dengeli Bitki Besleme: Azot fazlalığı bitkide su dengesini bozarak etmenlerin bitkiye girişini kolaylaştırır. Özellikle fosfor ve potasyum uygulamalarının yeterli olması kök dayanıklılığını artırır.
- Hasat ve Tarla Hijyeni: Hastalıklı bitki artıkları mutlaka uzaklaştırılmalı, toprağa karıştırılmayarak inokulum kaynağı oluşturması engellenmelidir. İşleme ekipmanlarında da patojen spor bulaşması dikkate alınmalıdır.

Bu uygulamaların düzenli ve bilinçli şekilde yürütülmesi, hastalık yoğunluğunu uzun vadede önemli ölçüde azaltmaktadır.

3.2. Kimyasal Mücadele

Kimyasal uygulamalar, toprak kaynaklı etmenlere karşı tam başarı sağlamasa da**,** özellikle fide döneminde önleyici rol üstlenmektedir.

- Tohum İlaçlamaları: Sistemik etki gösteren fungisitler, tohum yüzeyinde çimlenme döneminde korunma sağlar. Bu uygulama özellikle *Pythium* spp. ve *Fusarium* spp. kaynaklı çökerten kayıplarını azaltır.
- Toprak Fungisitleri: *Rhizoctonia* kontrolü için bazı ülkelerde sınırlı başarı bildirilmiş olsa da maliyet yüksekliği, geniş alanlarda uygulanabilirliğin güçlüğü ve etmenlerin derinde bulunması nedeniyle Türkiye'de kullanım alanı oldukça sınırlıdır.

Kimyasal mücadelenin önemli kısıtları:

- Etmenler toprakta uzun süre canlı kalır → tam baskılama mümkün değildir.
- Ekonomik maliyet yüksektir.
- Gereksiz kullanım direnç gelişimine neden olabilir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

- Çevre ve toprak biyotasına zarar riski vardır

Bu nedenlerle kimyasal mücadele son çare olarak değerlendirilmeli ve mutlaka diğer yöntemlerle entegre edilmelidir.

3.3. Biyolojik Mücadele

Son yıllarda çevre dostu uygulamalara yönelim artmış ve biyokontrol ajanlarının kullanımı ön plana çıkmıştır.

En çok kullanılan mikroorganizmalar:

- *Trichoderma* spp.
- *Bacillus* spp.
- *Pseudomonas fluorescens*

Bu ajanlar:

✔ Kök yüzeyine yerleşerek patojenlerle alan ve besin rekabetine girer.
✔ Patojenlerin enzim sistemlerini bozan antagonistik bileşikler salgılar.
✔ Bitki kök gelişimini destekler, dayanıklılığı artırır.

Tohum kaplama ve toprak uygulaması şeklinde biyolojik preparatların Türkiye'de kullanımı artmakta olup, Konya bölgesinde de saha uygulamalarının yaygınlaştırılması gerekmektedir.

3.4. Entegre Hastalık Yönetimi (EHY)

Tek bir mücadele yönteminin yeterli olmadığı durumlarda kombine stratejiler en etkili yaklaşımdır**;** Düzenli tarla kontrolleri , risk haritalarının oluşturulması, üretici eğitimleri uzun vadede en sürdürülebilir başarıyı sağlar.

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Şeker pancarında kök çürüklüğü hastalıkları, özellikle toprakta uzun süre canlılığını sürdürebilen fungal etmenlerin etkisiyle üretim bölgelerinde giderek artan kayıplara neden olmaktadır. Arazi gözlemleri ve laboratuvar teşhisleri doğrultusunda, Konya bölgesinde şeker pancarı kök çürüklüğü ile ilişkili en yaygın patojenlerin *Rhizoctonia solani, Fusarium* spp.,

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Pythium spp. ve *Macrophomina phaseolina* olduğu belirlenmiştir. Bu etmenlerin ortak özellikleri, toprakta yıllarca canlı kalabilmeleri ve uygun çevre koşullarında hızlı bir şekilde enfektif hâle geçebilmeleridir. Özellikle drenajı zayıf, taban suyu yüksek veya ağır bünyeli topraklarda *Rhizoctonia* ve *Pythium*; yüksek sıcaklık ve kurak koşulların hakim olduğu alanlarda ise *Macrophomina* enfeksiyonlarının baskın olduğu görülmektedir. *Fusarium* türlerinin ise bitkide yaralanmaların olduğu dönemlerde yoğunlaştığı tespit edilmiştir.

Bu hastalıkların fizyolojik etkileri incelendiğinde; başlangıçta kök korteksinde nekroz ve doku bozulmalarının ortaya çıktığı, ilerleyen dönemlerde ise iletim demetlerinde tıkanmalar nedeniyle su ve mineral taşınımının tamamen engellendiği görülmektedir. Bu durum bitkide geri dönüşü olmayan solgunluklara, gelişim geriliğine ve kökün depoladığı şekerin hızla azalmasına yol açmaktadır. Bitki kökünün zayıflaması, söküm sırasında kırılmalara ve fabrikaya ulaşan pancarlarda yüksek yıkama-fire oranlarına neden olmakta; üreticinin ekonomik gelirini doğrudan düşürmektedir. Ayrıca işletme aşamasında difüzyon ve kesim zorluklarının yaşanması hem enerji hem de maliyet artışı yaratmaktadır. Bu olumsuzluklar, fungal kök çürüklüğünün yalnızca tarımsal verimliliği değil, aynı zamanda şeker endüstrisinin tamamını etkileyen kritik bir üretim riski olduğunu göstermektedir.

Mücadele yöntemlerine ilişkin yapılan değerlendirmeler, kimyasal uygulamaların tek başına yeterli olmadığını ve ekonomik olarak her koşulda uygulanabilir olmadığını ortaya koymaktadır. Bununla birlikte tohum ilaçlamalarının fide dönemindeki çökerten kayıplarını azaltmada etkili olduğu belirlenmiştir. Ancak uzun süreli başarı için kültürel uygulamalar ve biyolojik mücadele yaklaşımlarının öncelikli olarak planlanması gerekmektedir. Özellikle pancar–tahıl rotasyonunun yaygınlaştırılması, drenaj yönetiminin iyileştirilmesi ve bitki besleme dengesinin sağlanması hastalık baskısını belirgin ölçüde azaltmaktadır. Biyokontrol ajanlarının (*Trichoderma, Bacillus, Pseudomonas*) antagonistik aktiviteleri sayesinde kök bölgesinde koruyucu bir tabaka oluşturarak patojen rekabetini azalttığı bilinmektedir. Bu konudaki saha uygulamalarının artırılması gerektiği açık bir şekilde ortaya çıkmıştır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, kök çürüklüğü hastalıklarının Konya bölgesi gibi şeker pancarı üretim merkezlerinde artış eğiliminde olduğu; iklim değişikliğine bağlı sıcaklık yükselişlerinin özellikle *Macrophomina phaseolina* için yeni riskler doğurabileceği anlaşılmaktadır. Bu nedenle üretim alanlarında hastalık yoğunluğunun düzenli olarak izlenmesi, risk haritalarının çıkarılması ve üreticilerin bilinçlendirilmesine yönelik çalışmaların yaygınlaşması gerekmektedir. Sonuçlar, şeker pancarı üretiminde sürdürülebilirliğin

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

sağlanabilmesi için entegre hastalık yönetimi uygulamalarının vazgeçilmez olduğunu göstermektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Şeker pancarında kök çürüklüğüne neden olan fungal hastalıkların, bitki gelişimini doğrudan etkileyen ve verim kaybına yol açan önemli bir sorun olduğu bu çalışma kapsamında ortaya konulmuştur. Özellikle Konya bölgesinde yaygın olarak tespit edilen *Rhizoctonia solani, Fusarium* spp., *Pythium* spp. ve *Macrophomina phaseolina* gibi etmenler; toprakta uzun süre canlı kalabilmeleri, çevresel koşullara göre değişkenlik gösteren virülans seviyeleri ve çoğu zaman enfeksiyon belirtilerinin geç dönemde ortaya çıkması nedeniyle etkin şekilde yönetilmesi güç patojenlerdir. Şeker pancarının endüstriyel bir ürün olması sebebiyle, köklerde meydana gelen çürüme ve kalite düşüklüğü yalnızca tarla bazında değil, endüstriyel süreçlerde de kayıplara neden olmakta; fabrikaya taşınan hastalıklı pancarlarda fire oranı yükselmekte ve üretim maliyetleri artmaktadır. Bu kapsamda, kök çürüklüğü hastalıklarının kontrol altına alınması şeker pancarı tarımı için stratejik bir önem taşımaktadır.

Bu doğrultuda, etkin bir yönetim programı geliştirilirken önleyici uygulamaların ön planda tutulması gerekmektedir. Ekim nöbeti uygulamalarıyla topraktaki inokulum yoğunluğunun azaltılması, drenajın iyileştirilmesiyle su stresinin önüne geçilmesi ve hastalığa dayanıklı çeşitlerin tercih edilmesi hastalık riskini önemli ölçüde düşürmektedir. Bitki besleme programlarının dengeli yapılması ve aşırı azot kullanımından kaçınılması, kök yapısının güçlenmesine katkı sağlayarak patojen girişini zorlaştırmaktadır. Özellikle fide döneminde tohum ilaçlaması ile yapılan kimyasal uygulamalar, çökerten kayıplarının azaltılmasında etkili olmakla birlikte; tek başına hastalıkların tümünü kontrol altına alamamaktadır. Bu nedenle kimyasal mücadele, diğer yöntemlerle birlikte destekleyici bir rol üstlenmelidir. Bir diğer önemli yaklaşım ise biyolojik mücadele uygulamalarıdır. Antagonist mikroorganizmaların kök bölgesinde oluşturduğu koruyucu tabaka ve rekabet avantajı, sürdürülebilir hastalık yönetimi açısından büyük bir potansiyel sunmaktadır. Bu kapsamda biyolojik preparatların kullanımının yaygınlaştırılması önem kazanmaktadır.

Bölgede iklim değişikliğinin etkisiyle artan sıcaklık ve kuraklık dönemlerinin özellikle *Macrophomina phaseolina* gibi yüksek sıcaklıkta gelişen etmenlerin yaygınlığını artırabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle düzenli tarla kontrollerinin yapılması, yıllar içinde

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

hastalık yayılışının izlenmesi ve gerekli durumlarda üreticilere hızlı önlem alma imkânı sunacak takip sistemlerinin oluşturulması önerilmektedir. Ayrıca üretici eğitimleri ve bilinçlendirme çalışmaları hastalığın yönetiminde önemli rol oynamaktadır. Şeker pancarı yetiştiricilerinin kültürel uygulamalar konusunda desteklenmesi, tarımsal danışmanlık hizmetlerinin güçlendirilmesi ve sahadaki uygulamaların bilimsel temelli yapılması; hem hastalıkların baskılanmasını hem de ekonomik kayıpların azaltılmasını sağlayacaktır.

Sonuç olarak, şeker pancarında kök çürüklüğü hastalıklarının kontrol altına alınabilmesi için entegre hastalık yönetimi stratejilerinin benimsenmesi kaçınılmazdır. Bu doğrultuda; sağlıklı tohum ve dayanıklı çeşit seçimi, ekim nöbeti uygulamaları, drenajın iyileştirilmesi, biyolojik mücadele ajanlarının kullanımının artırılması ve kimyasal uygulamaların bilinçli şekilde yapılması önerilmektedir. Bunun yanında, bölgeye özgü epidemiyolojik çalışmaların sürdürülmesi, risk analizlerinin yapılması ve geleceğe yönelik koruyucu önlemlerin geliştirilmesi, şeker pancarı üretiminin sürdürülebilirliğini güçlendirecektir. Yapılacak bilimsel ve teknik çalışmalar ışığında, kök çürüklüğü hastalıklarının neden olduğu kayıpların azaltılması ve sektörel verimliliğin artırılması mümkün olacaktır.

KAYNAKÇA

- Abada, K. A. (1994). Pathological studies on root rot of sugar beet in relation to some environmental factors. *Egyptian Journal of Phytopathology*, 22(1), 45–58.

- Abbas, S. J., Ahmad, B., & Karlovsky, P. (2014). Real-time PCR (qPCR) assay for Rhizoctonia solani anastomoses group AG2-2 IIIB. *ArXiv preprint*.

- Abd-El-Khair, H., & Karima, H. E. (2007). Studies on biological control of root rot disease in sugar beet. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 3(6), 345–356.

- Ahmed, M. A., & Mostafa, M. H. (2019). The role of Trichoderma spp. in suppressing soil-borne pathogens in sugar beet fields. *Journal of Plant Protection Research*, 59(4), 456–463.

- Al-Sadi, A. M. (2020). Soilborne pathogens and their management in arid climates. *Journal of Crop Protection*, 9(2), 88–104.

- Anderson, N. A. (1982). The genetics and pathology of Rhizoctonia solani. *Annual Review of Phytopathology*, 20, 329–347.

- Aslan, E., & Ozan, S. (2015). Türkiye'de şeker pancarında görülen fungal hastalıklar. *Bitki Koruma Bülteni*, 55(2), 129–140.

- Avan, M., & Katırcıoğlu, Y. Z. (2020). Bazı Fungisitlerin Şeker Pancarı Kök Çürüklüğü ve Çökerten Etmeni Rhizoctonia solani'ye Karşı Etkileri. *Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*, 2(2), 169–189.

- Avan, M., Palacioğlu, G., Sarıgül, T., Katırcıoğlu, Y. Z., Bayraktar, H., Kaya, R., & Maden, S. (Yıl). Sugar beet root rot caused by oomycetous pathogens in Turkey and their control by seed treatment. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*.

- Balis, J. (1964). Studies on the root rot complex of sugar beet. *Phytopathology Journal,* 54, 1102–1109.

- Bennett, R. S., et al. (2011). Diversity of Rhizoctonia isolates from sugar beet fields in North Dakota. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 33(4), 395–402.

- Blunt, S. J., & Gilligan, C. A. (1993). Modelling soil-borne pathogen spread in beet crops. *Plant Pathology,* 42, 591–604.

- Characterization of *Fusarium* root-rot isolates from sugar beet by growth and virulence at different temperatures and irrigation regimes. *Plant Disease Journal*.

- Characterization and pathogenicity of Rhizoctonia species causing root rot and damping-off on sugar beet in Turkey.

- El-Naggar, A. A., & Yassin, M. A. (2023). In Vitro and in Vivo Management of Sclerotium rolfsii the Cause of Sugar Beet Root Rot Disease. *Plant,* 11(1).

- Helmy, K. G. (2025). Biocontrol of Rhizoctonia solani Induced Root Rot in Sugar Beet via Organic Inputs and Chaetomium globosum: Greenhouse and Field Evaluation. *Journal of Plant Protection and Pathology*, 16(9), 417–430.

- Jacobsen, B. (2006). Root rot diseases of sugar beet. *Zbornik Matice Srpske Za Prirodne Nauke,* (110), 9–19.

- Kaya, R., Avan, M., Aksoy, C., Demirci, F., Katırcıoğlu, Y. Z., & Maden, S. (2020). Occurrence and importance of root rots caused by fungal pathogens on sugar beet grown in Konya province of Turkey. *Sugar Industry*, 145(11), 674–681.

- Kosovac, A., et al. (2023). Research on the pathogen complex causing sugar beet root rot in northeast Moldova. *Lucrări Ştiinţifice – Agronomie,* 66(2).

- Maize, A. A. H., Kafsheer, D. A., Khalifa, N. A. M., & El-Gammal, Y. H. (2022). Efficacy of Chemical Inducers of Resistance for Controlling Rhizoctonia Damping-Off and Root-Rot Diseases in Sugar Beet Crop. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 11(4).

- Mert, A., & Boyraz, N. (2018). Fusarium kaynaklı kök çürüklükleri üzerinde toprak sıcaklığının etkileri. *Bitki Koruma Bülteni*, 58(2), 25–34.

- Müller, H. J., & Petersen, K. (2014). Environmental factors influencing Rhizoctonia crown rot of sugar beet. *Journal of Plant Diseases,* 121(5), 200–210.

- Nuh Boyraz, B. S. (2009). A Research on Root Rot That Caused Fungi in Sugar Beet Storages and Some Factors Effecting Rots. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23(49), 81–87.

- Özgör, E. (1995). Şeker pancarında kök çürüklüğü hastalıkları ve etkileri. *SÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(33), 87–89.

- Puiu, I., Robu, T., Ghițău, C. S., Florea, M. A., Petre, R. P., Lungoci, C., & Haraga, L. C. (2023). Research on the pathogen complex causing sugar beet root rot in the northeast of Moldova. *Lucrări Ştiinţifice – Agronomie*, 66(2).

- Rush, C. M. (1987). Root Rot of Sugar Beet Caused by Pythium deliense in the Texas Panhandle. *Plant Disease*, 71(469A).

- Sarı, A. (2019). Konya ili Çumra yöresinde şeker pancarı yetiştiriciliğinde görülen fungal kaynaklı hastalıkların tespiti ve yaygınlığı. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi.

- Selçuk Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi çalışması — bağlamda kök bakterilerinin şeker pancarı kök çürüklüğü üzerindeki etkileri.

- Stojsin, V., vd. (2006). Şeker pancarında kök çürüklüğü yapan fungal etmenlerin dağılımı ve hastalık etmenlerinin karakterizasyonu. *(Makale)*.

- Ulu, O. (2012). Kayseri ili şeker pancarı ekim alanlarındaki fitopatolojik sorunların tespiti ve tanılanması. Selçuk Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.

- (2025). Rhizoctonia crown and root rot in sugar beet: A review on biology, epidemiology, and sustainable management. *Agricultural Journal*, 5(2).

- (2023). Sickle rot and post-harvest fungal rots in sugar beet storage – Türkiye verileri. Silolar üzerine yapılan uzun dönemli gözlemler. *Selçuk Üniversitesi Dergisi*.

- (2020). A longitudinal study on morpho-genetic diversity of pathogenic Rhizoctonia solani from sugar beet and dry beans of western Nebraska. *BMC Microbiology*, 20, 354.

- (2023). Biocontrol of soilborne root rot fungi in sugar beet using Streptomyces strains. *Plant Pathology Journal*.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

BÜYÜKBAŞ AHIRLARINDA KULLANILAN GÜBRE SIYIRICILARDA MEYDANA GELEN KUVVETLERİN AYRIK ELEMANLAR METODUYLA ANALİZİ

Yük. Müh. Ergin TOPBAŞ
Ereğli Tarım İlçe Müdürlüğü, ergntpbs@gmail.com - 0009-0005-0816-0978
Dr. Mehmet Bahadır
Konya Teknik Üniversitesi, mbahadir@ktun.edu.tr - 0000-0002-5071-5085
Doç. Dr. Osman ÖZBEK
Selçuk Üniversitesi, ozbek@selcuk.edu.tr - 0000-0003-0034-9387

ÖZET

Endüstriyel hayvancılık işletmelerinin kapasitelerinin artmasıyla birlikte, oluşan hayvansal atıkların yönetimi ve barınak hijyeninin sağlanması kritik bir mühendislik problemi haline gelmiştir. Serbest duraklı sığır barınaklarında kullanılan zincirli tip gübre sıyırıcılar üzerindeki direnç kuvvetleri deneysel ve simülasyon yöntemleriyle incelenmiştir. Konya'da 120 başlık kapasiteli bir işletmede, zincirli tip bir gübre sıyırıcıya entegre edilen yük hücresi ile anlık kuvvet değişimleri ölçülmüştür. Elde edilen veriler, ayrık elemanlar metodu (DEM) yazılımı ve gübrenin akışkan yapısını modelleyen Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) yaklaşımı kullanılarak oluşturulan simülasyon modeli ile karşılaştırılmıştır. Analizler, sıyırıcı üzerindeki yükün gübre birikimine bağlı olarak hat boyunca arttığını göstermiştir. Özellikle hattın son bölümündeki yoğun yüklenme koşullarında, deneysel ölçümler ile simülasyon sonuçları arasında %4.60 ile %6.28 oranında sapma tespit edilmiş olup, sonuçların yüksek uyumluluk ($R^2 \approx 0{,}94$) gösterdiği belirlenmiştir. Çalışma, heterojen yapıdaki hayvansal atıkların modellenmesinde DEM ve SPH yönteminin, tasarım optimizasyonunda güvenilir bir araç olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Gübre Yönetimi, Ayrık Elemanlar Metodu, Gübre Sıyırıcı

1. GİRİŞ

Dünya genelinde büyükbaş hayvan varlığı 1,5 milyar başın üzerinde seyretmekte olup; bu nüfus, hem et ve süt üretiminde kritik bir kapasite hem de tarımsal ekosistemler üzerinde belirleyici bir unsur oluşturmaktadır. Hayvancılık sektörü, nüfus artışı, değişen tüketim alışkanlıkları ve artan refah seviyesi ile sürekli büyüme eğilimi göstermekte; bu büyüme, hayvansal üretimin verimliliği kadar çevresel etkileri de gündeme taşımaktadır. Hayvansal üretim süreçlerinde ortaya çıkan büyük hacimli organik atıklar, uygun Görselde yönetilmediğinde ciddi çevresel ve operasyonel sorunlar yaratmaktadır. Hayvansal üretim açısından oluşan kirlilik denildiğinde, miktarı ve etkileri açısından ilk incelenmesi gereken faktör gübredir.

Türkiye özelinde değerlendirildiğinde, büyükbaş hayvan yetiştiriciliği stratejik bir konuma sahiptir. TÜİK 2024 verilerine göre ülkede büyükbaş hayvan varlığı 18 milyon seviyesine

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ulaşmıştır. Hayvancılık ülkemizde tarımdan sonra en büyük paya sahip sektördür. Ülkemizdeki gelişen tarım ve entegre hayvan çiftlikleri sayı ve kapasitelerindeki artışlardan dolayı hayvansal atıklardan kaynaklanan çevre sorunları artmaktadır (İnan, 2012). Hayvansal atıkların işlenmesi işletmelerin birçoğunda ana problem olarak karşımıza çıkmakta olup, gübrenin arındırılmasından depolanmasına ve araziye dağıtılmasına kadar olan işlemler genellikle göz ardı edilmektedir. (Şimşek ve ark., 2001). Gübre kullanımının kontrol altında tutulması ve hayvansal atık depolarının standardize edilmesi bu sebeplerden dolayı oluşabilecek kirlenmenin önlenmesi açısından önemli olmaktadır. (Çakmak, 2007) . Barınak içerisindeki gübre taşıma sistemi, iç ortamdaki kokunun ve kirliliğin yayılımı ile doğrudan ilgilidir. (Mutlu, 1999). Ahır ortamında biriken katı ve yarı akışkan gübre, metan ve amonyak emisyonları, işletme içi hijyen sorunları, ayak hastalıkları, memeli patojen yükü ve iş gücü maliyetlerinin artışına neden olabilmektedir. Bu çerçevede, modern hayvancılık işletmelerinde gübre yönetimi; çevresel sürdürülebilirlik, kaynak verimliliği, iş güvenliği ve hayvan refahı eksenlerinde ele alınması gereken stratejik bir operasyon alanı olarak değerlendirilmektedir.

Ülkemizde hayvancılık işletme ölçekleri arasındaki farklılıklar, çevresel baskılar ve artan regülasyon gereklilikleri, gübre yönetiminin etkinliğini hem teknik hem de ekonomik bir zorunluluk hâline getirmektedir. Bu kapsamda, ahır içi gübre sıyırma sistemleri, özellikle yoğun üretim yapılan modern büyükbaş işletmelerinde temel bir mekanizasyon unsuru hâline gelmiştir. Zincirli tip gübre sıyırıcı sistemler, ahır zeminine yerleştirilen çelik zincirin tahrik ünitesi aracılığıyla periyodik olarak hareket ettirilmesi ve sıyırıcı bıçakların gübreyi ahır sonuna veya transfer kanalına taşıması prensibiyle çalışmaktadır.

Bu çalışma, zincirli tip gübre sıyırıcı sisteminin güç tüketimi ve zincir çekme kuvvetini hem deneysel yöntemlerle ölçmeyi hem de ayrık elemanlar yöntemi (DEM) kullanarak bilgisayar ortamında modelleyip simüle etmeyi amaçlamaktadır. Çalışmamızda gerçek işletme koşulları altında deney düzeneği kurulmuş, güç ve çekme kuvveti değerleri elde edilmiştir. Ardından, aynı çalışma koşullarını temsil eden DEM modeli geliştirilmiş ve simülasyon çıktıları, deneysel değerlerle karşılaştırılmıştır. Çalışmamız, Ayrık eleman yönteminin güç tüketimi ve çekme kuvvetinin öngörülmesine yönelik bir araç olarak kullanılabileceğini ortaya koymaktadır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

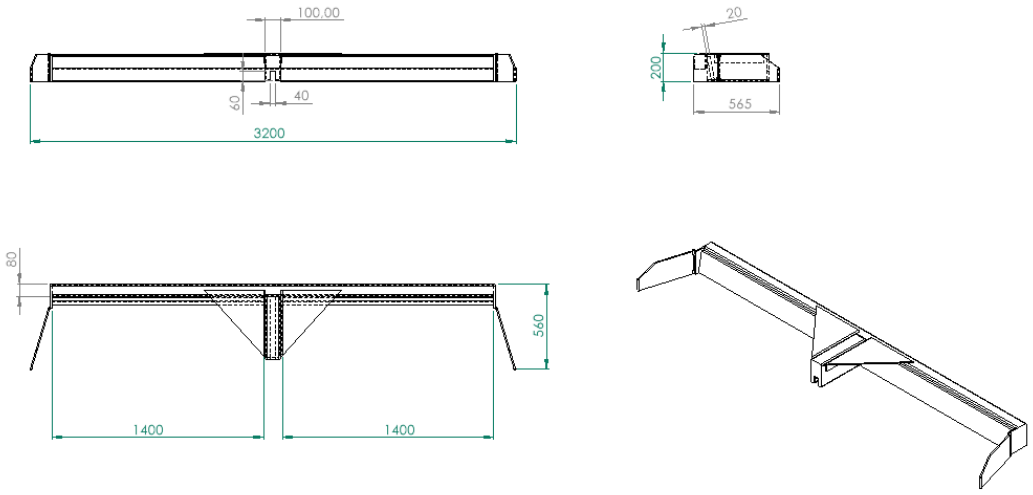
Denemelerimiz Konya İli Ereğli İlçesine bağlı Servili Mahallesinde bulunan serbest sistemli büyükbaş hayvan işletmesinde yapılmıştır. İşletmede iki ayrı 120 başlık sağımlık hayvan kapasitesine sahip barınma alanı bulunmaktadır. Barınma alanların da iki adet birbirine paralel olarak hareket eden otomatik sıyırıcı mevcuttur. Sıyırıcılar iki ayrı barınma alanında otomatik olarak 2 saatte bir sıyırma yapmaktadır.

2.1.1. Gübre Sıyırıcı

Denemelerde 3,20 metre genişliğinde sıyırma genişliğine sahip zincirli tip gübre sıyırıcı kullanılmıştır. Denemeler tek bir sıyırıcı dikkate alınarak yapılmıştır. Sıyırıcıyı tahrik eden elektrik motorunun ortalama gücü 1,5 kW olup çalışma hızı yaklaşık 5 m/dak. ‘dır. Sıyırıcıya ait mekanik özellikler Çizelge 1. de teknik çizimleri ise Görsel 1 ‘de verilmiştir.

Çizelge 6. Sıyırıcıya ait mekanik özellikler

Motor gücü (KW)	Ebatlar (mm)			Zincir Malzemesi	Kanat Malzemesi	Kürek Malzemesi	Elastikiyet modülü (GPa)	Kütle yoğunluğu (Kgm^{-3})	Poisson oranı
	Genişlik	Yüksekllik	Boy						
1.5	3200	200	~500	13 mm Kalibre zincir	6-20 mm (ısıl işlem görmüş)	St 37 (Sıcak daldırma galvaniz kaplama)	190	8000	0.29



Görsel 9. Sıyırıcıya ait teknik çizimler

2.1.2. Yük Hücresi (Loadcell)

Denemelerde sıyırıcı üzerine etki eden gübre yükünün ne kadar etki ettiğini tespit etmek için lama tipi yük hücresi kullanılmıştır (Görsel 2). Yük hücreleri bir kuvveti elektrik sinyaline dönüştürmek için kullanılan dönüştürücülerdir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Çizelge 7. Araştırmada kullanılan gübreye ait özellikler (Bahadır, 2024)

Hacim ağırlığı (kg m^{-3})	Kinematik viskozitesi (m^2 s^{-1})	Kuru madde miktarı (%)	pH
992	0.00149	~ % 15	6.8

Görsel 10. Lama tipi yük hücresi

2.1.1. Yöntem

Çalışmada ortalama 500 kg canlı ağırlığa sahip bir süt sığırının günde 50 kg gübre ürettiği kabul edilmiştir. 120 başlık bir işletmede bu değer 6000 kg/gün olarak hesaplanmıştır. Gübre sıyırma sistemi otomatik olarak iki saatte bir günde 12 kez çalıştırılmaktadır. 6000:12= 500 kg gübre yükleyici kütle olarak hesaplanmıştır.

Yapılan deneysel çalışmada sıyırıcı üzerine gelecek yükler Lama tipi yük hücresi yardımıyla belirlenmiştir (Görsel 3).

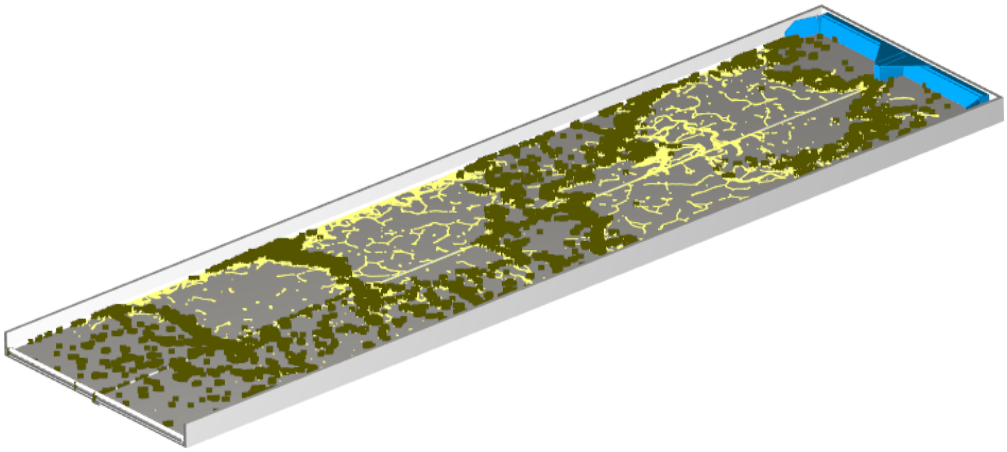
Görsel 11. Kısmi kesiti görülen sıyırıcı ve hareket alanı

Sıyırıcıya ait 3D katı modelleme işlemleri Solidworks yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sıyırıcının işletmedeki çalışma koşulları altındaki davranışı Ayrık Elemanlar Yöntemi (DEM)

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

kullanılarak Ansys Rocky DEM 2024 yazılımı yardımı ile simüle edilmiştir. Bulamaca ait veriler Bahadır M. (2024)'in doktora çalışmasında kullandığı değerler temel alınarak verilmiştir. Sonuç olarak deneysel olarak tespit edilen sıyırıcıyı zorlayan kuvvet ve sıyırıcı motor gücü verileri elde edilmiş, ayrık elemanlar yöntemiyle bilgisayar ortamında yapılan simülasyona ait analiz sonuçları birbirleri ile karşılaştırılmıştır.

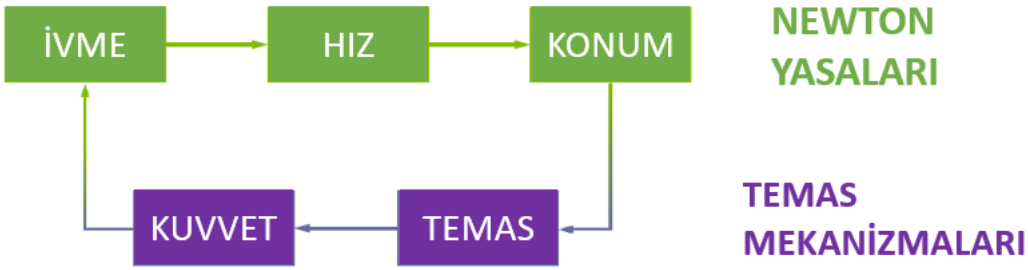
Ayrık eleman yöntemi temelinde yapılan analiz için sıyırıcı 20 m uzunluğunda ve 3.20 m genişliğinde beton bir kanal içine hızı dakikada 5.18 m olacak Görselde yerleştirilmiştir. Kanal da taze katı gübre (koyu yeşil renk) ve idrar (sarı renk) tamamen rastgele dağılım olacak Görselde beton zemine bırakılmıştır (Görsel 4).



Görsel 12. Kısmi kesiti görülen sıyırıcı ve hareket alanı (ilk 12 m)

2.1.2.Ayrık eleman yöntemi (DEM)

Ayrık elemanlar yöntemi, farklı geometrik Görselli (taş, mermer, ahşap, tohum gübre vb.) cisimler veya dairesel Görselli taneciklerin modellenmesi, bu taneciklerin temas algılama algoritmaları ve uygun temas modelleri seçilerek, ivmelere, hızlara ve pozisyonlara göre Newton'un hareket yasaları dikkate alınarak kütle, atalet ve momentum ilişkileri ile taneciklerin fiziksel hareketlerinin çözümlenmesini sağlayan sayısal bir yöntemidir (Bahadır ve ark., 2023) (Görsel 5).



Görsel 13. Ayrık eleman yöntemi algoritması

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

DEM tabanlı bir simülasyonda, parçacıklar genellikle küresel elemanlarla modellenir. Simülasyon sürecinde, her yineleme adımı, tüm parçacıkların anlık hız, konum ve kuvvet değerlerinin sistematik olarak yenilenmesini içerir. Parçacıklar birbirleriyle statik veya hareketli geometrilerle temas eder. Bu temaslar, temel temas modelleriyle hesaplanır. Bu modeller, bağlantı kuvvetlerini normal ve teğet yönlerde hesaplar. Analiz işlemi için kullanılacak uygun çözümleme modelleri normal kuvvet modeli olarak Hysteretic Linear Spring Modeli, teğetsel kuvvet modeli olarak ise Linear Spring Coulomb Limit modeli kullanılmıştır. Aynı zamanda taze ahır gübresi ve idrarın (bulamaç benzeri akışkan) birlikte hareketinin simülasyonu ve analizi için özel bir fiziksel çözümleme özelliği yani Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) kullanılmıştır. Bu özellik taze ahır gübresi gibi yarı katı, yoğun viskoz ve akışkan benzeri malzemeleri modellemek için Rocky DEM yazılımına eklenmiştir. Bu özellik sayesinde basınç, viskozite, yüzey gerilimi gibi etkiler parçacıklar arasında hesaplanmaktadır. Sonrasında ise yığılma, sıvılaşma ve yayılma gibi etkileri doğal olarak temsil ederek zeminle temas eden gübrenin yayılma şekli, gübrenin sıyırıcıya uyguladığı direnç kuvveti ve sıyırıcının ihtiyaç duyduğu motor gücü belirlenmektedir.

Çizelge 8. Sıvı + Katı (Bulamaç) gübreye ait giriş verileri ve diğer parametreler (Bahadır, 2024)

	Parametre	**Değer**		**Parametre**	**Değer**
Katı gübre	Yoğunluğu (kg m^{-3})	995	**Sıvı gübreye ait veriler**	Yoğunluğu (kg m-3)	1024
	Elastikiyet modülü (GPa)	2.5x10^6		Viskozitesi	0.00149
	Poisson oranı	0.25		Poisson oranı	--
St 37	Yoğunluğu (kg m^{-3})	7800	**Beton zemin**	Yoğunluğu (kg m^{-3})	2400
	Elastikiyet modülü (GPa)	210		Elastikiyet modülü (GPa)	25
	Poisson oranı	0.28		Poisson oranı	0.18
Materyal etkileşimleri					
Gübre ile gübre arasındaki etkileşim	Statik sürtünme katsayısı	0.78	**Gübre ile St37 arasındaki etkileşim**	Statik sürtünme katsayısı	0.7
	Dinamik sürtünme katsayısı	0.7		Dinamik sürtünme katsayısı	0.63
	Geri dönüşüm katsayısı	0.6		Geri dönüşüm katsayısı	0.6
Gübre ile beton arasındaki etkileşim	Statik sürtünme katsayısı	0.4	**SPH**	SPH element size (mm)	5
	Dinamik sürtünme katsayısı	0.35		Sıyırıcı-SPH özelliği	No Slip Laminar
	Geri dönüşüm katsayısı	0.3			

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

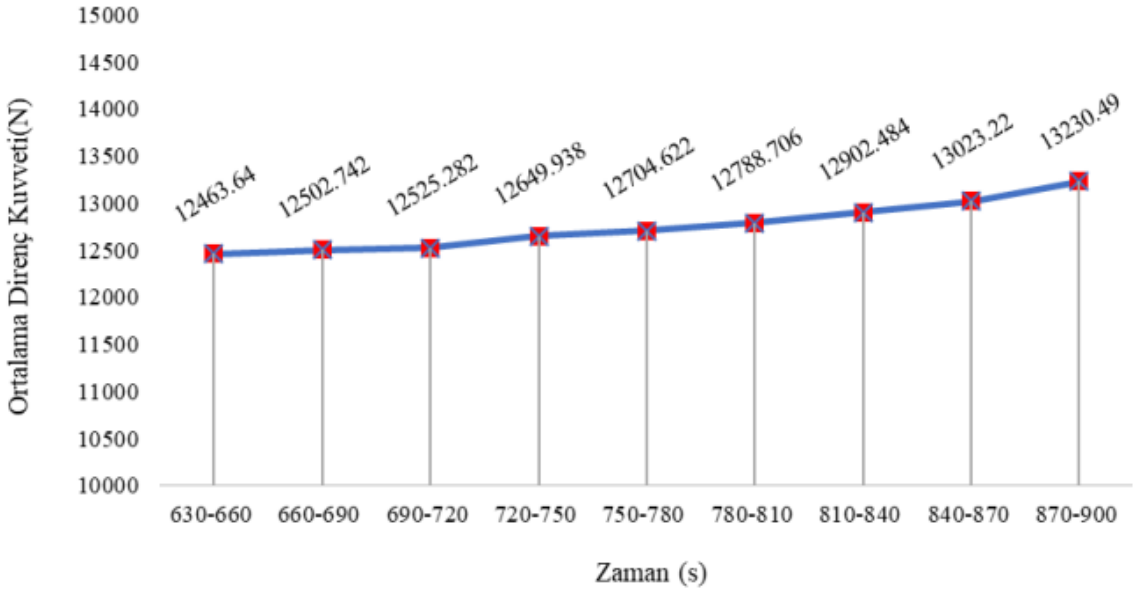
3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

3.1.Deneysel sonuçlar

Sıyırıcı 80 m uzunluğunda tek bir hat üzerinde, 5.18 m dak^{-1} hızla, kanalı 900 sn de tamamlamaktadır. Çalışmamızın deney sonuçları, sıyırıcının üzerine yerleştirilen yük hücresinden alınan verilere göre değerlendirilmiştir.

Deney sonucunda sıyırıcının gösterdiği direnç kuvvetleri ve güç tüketim verileri anlık olarak alınmış ve bu değerler bilgisayar simülasyonu ile kıyaslanmak üzere Microsoft Excel programına aktarılarak grafikler oluşturulmuştur. Deneysel sonuçlara göre ortalama direnç kuvveti- zaman grafiği Görsel 6 ‘da gösterilmiştir.

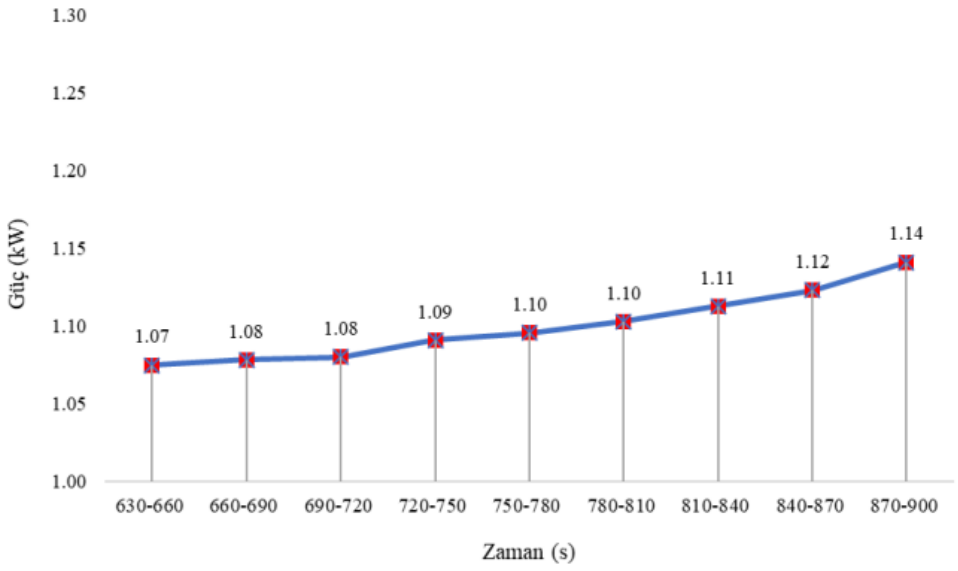
Gübre yoğunluğu, birim hacme karşılık gelen gübre kütlesi olarak tanımlanmakta olup, özellikle sıyırma prosesinin performansını belirleyen kritik bir parametredir. Zaman ilerledikçe sistem tarafından sıyrılan gübre tabakası birikerek daha katı, akışkanlığı düşük ve yüksek direnç oluşturan bir yapıya dönüşmektedir. Bu koşullar altında sıyırıcı mekanizma, başlangıç aşamasına kıyasla daha ağır, daha sıkışmış ve taşınması zor bir materyali hareket ettirmek durumunda kalmaktadır. Sistemin maruz kaldığı ortalama direnç kuvvetindeki artış, doğrudan ortamda biriken gübre miktarındaki büyümeyle ilişkilidir. Özellikle operasyonun ilk dakikalarında görece düşük kütlede gübre sıyrılırken, süreç ilerledikçe biriken materyal hacmi artmış, sürtünme direnci yükselmiş ve sonuç olarak sıyırılması daha fazla kuvvet gerektiren bir kütle oluşmuştur. Bu durum, sıyırıcı paletin yüzey ile temas koşullarını daha zorlu hâle getirerek sistemin ihtiyaç duyduğu ortalama direnç kuvvetini de artırmaktadır. Nitekim 630–660 s aralığında ölçülen 12 463.64 N’luk direnç kuvvetinin, 870–900 s aralığında 13 230.49 N seviyesine yükselmesi bu eğilimi net biçimde ortaya koymaktadır. Sabit çalışma hızının korunduğu varsayıldığında, bu artışın temel nedeninin yoğunluğa bağlı yük artışı olduğu anlaşılmaktadır.



ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Görsel 14. Deneysel sonuçlara ait kuvvet – zaman grafiği

Deneysel sonuçlara göre sıyırıcının zamana bağlı güç tüketimi ise Görsel 7 ‘de gösterilmiştir. 900 saniye boyunca sıyırıcının güç tüketimi de direnç kuvvetine paralellik göstererek zamanla artış göstermiştir. Başlangıçta 1.07 kW olarak ölçülen güç tüketimi 900. Saniye sonunda 1.142 kW ‘a çıkmıştır.

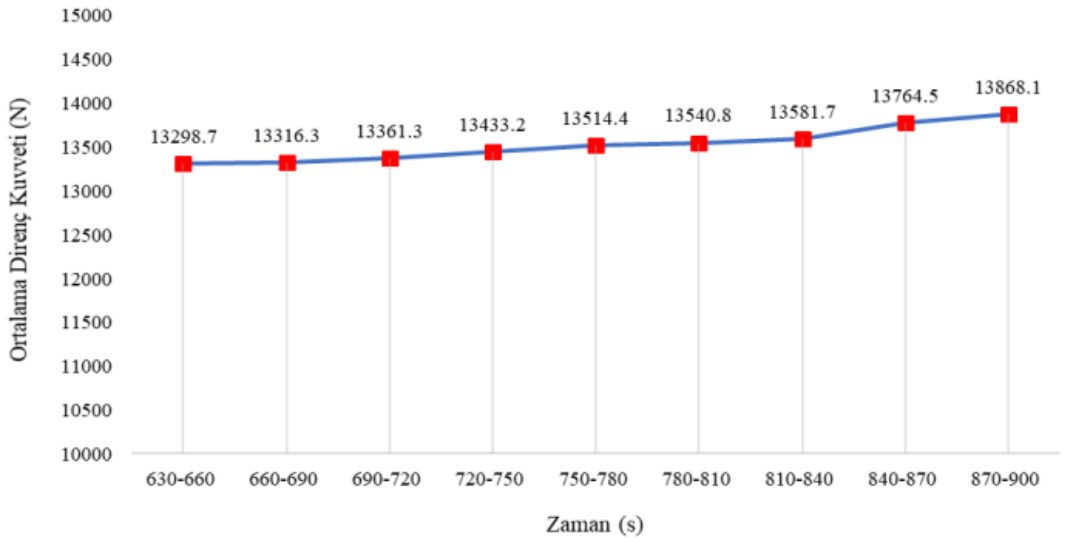


Görsel 15. Deneysel sonuçlara ait güç – zaman grafiği

3.2. Bilgisayar Simülasyonu ve Analiz Sonuçları

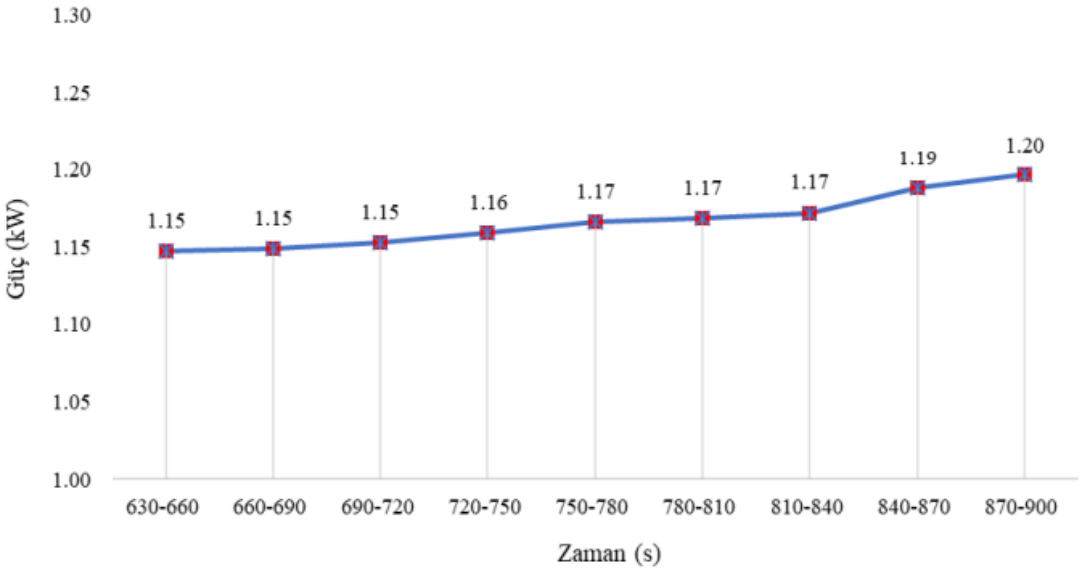
Bilgisayar ortamında yapılan çalışmada ise gübre sıyırıcı sistemine etki eden direnç kuvvetinin ve sistemin güç tüketiminin zamana bağlı değişimi, ayrık elemanlar yöntemi (DEM) kullanılarak analiz edilmiştir. Yapılan analizlerde, sistemin maruz kaldığı yüklerin zamanla değişim gösterdiği ve bu değişimlerin büyük ölçüde sıyırıcı önünde biriken gübre yoğunluğu ile ilişkili olduğu yönündedir. Özellikle son 20 metreye gelene kadar sıyırıcı önünde yeterli miktarda gübre birikmediği ve yüklenmenin son 20 metrede yoğunlaşmasından dolayı deneysel çalışmalarda ve bilgisayar simülasyonunda son 20 metre (630-900 saniye) baz alınarak analiz yapılmıştır. 630–660 saniye aralığında 13 298.7 N olan direnç kuvveti, zaman ilerledikçe artmış ve 870–900 saniye aralığında 13 868.1 N seviyesine ulaşmıştır (Görsel 8).

ISBN NR: 978-625-5694-58-4



Görsel 16. Ayrık eleman metoduyla elde edilen kuvvet – zaman grafiği

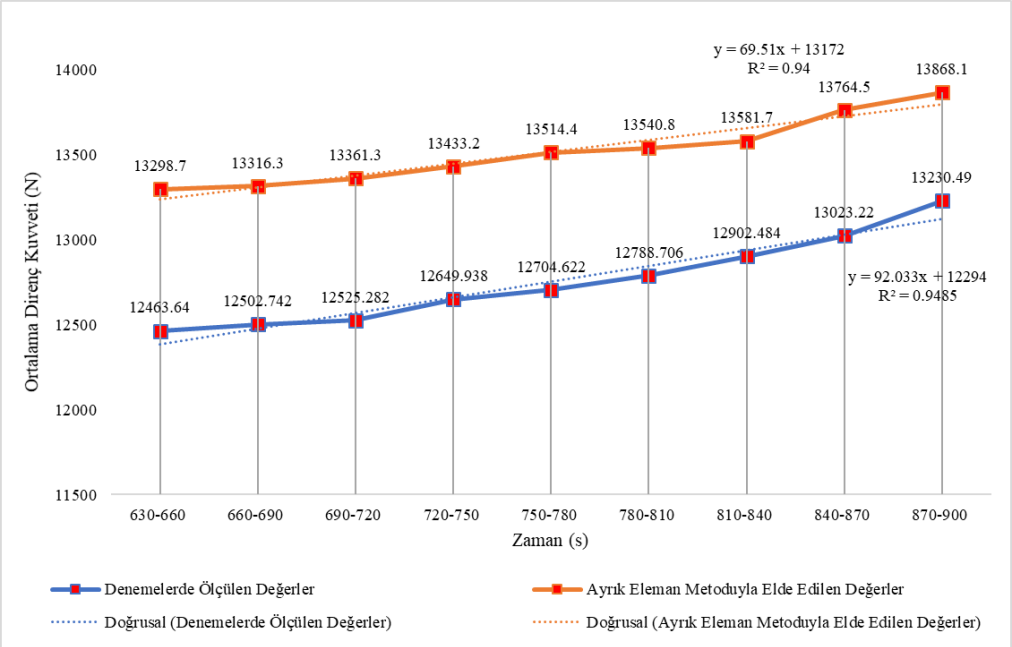
Ayrık Eleman Yöntemi ile elde edilen güç–zaman grafiği Görsel 9 ‘da gösterilmektedir. Sistemin enerji talebinin zamanla benzer bir eğilimle arttığı açıkça görülmektedir. Başlangıçta 1.15 kW seviyesinde olan güç gereksinimi, sürecin sonunda 1.20 kW değerine ulaşmıştır. Artış oranı düşük görünse de, sistem yükündeki büyümenin enerji ihtiyacını tetiklemesi; motor seçimi, enerji verimliliği ve genel sistem optimizasyonu açısından belirleyici bir parametre niteliğindedir. Sabit hızda çalışan sıyırıcı mekanizmada artan direnç kuvveti, güç tüketimine doğrudan yansımaktadır. İlgili grafikler arasındaki bu tutarlılık, gerçekleştirilen simülasyonun güvenilirliğini ve modellemenin doğruluğunu güçlendirmektedir.



Görsel 17. Ayrık eleman metoduyla elde edilen güç – zaman grafiği

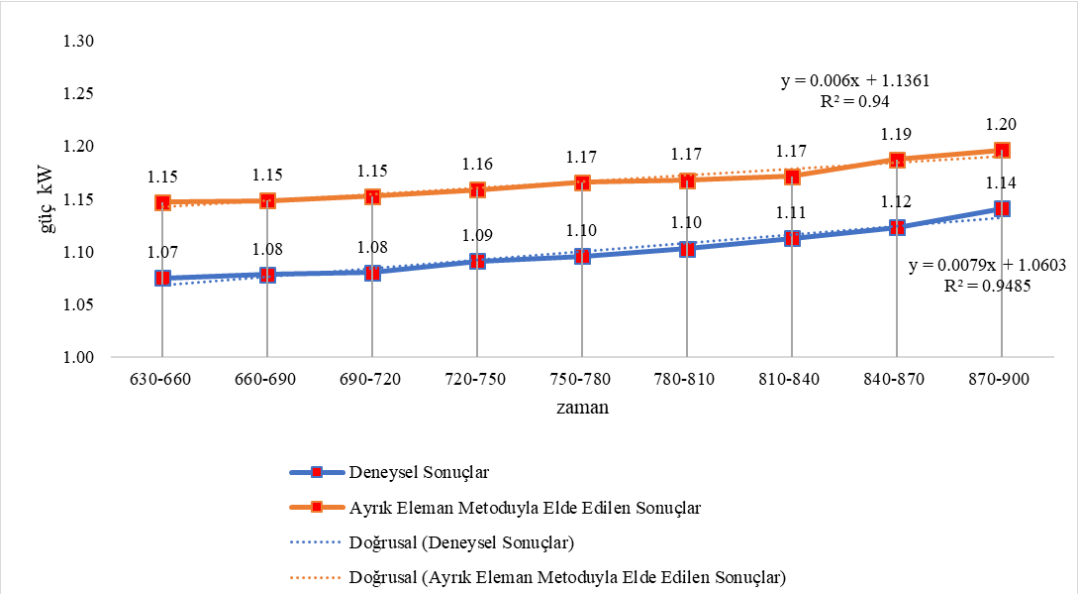
ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Deneysel sonuçlar ve Ayrık Eleman Metodu (DEM) ile elde edilen sonuçların karşılaştırıldığında her iki yöntemin verdiği ortalama direnç kuvvetleri arasında yüksek oranda bir benzerlik ve uyum olduğu tespit edilmiştir. Deneysel sonuçlar 12 463.64 N ile 13 230.49 N aralığında değişirken, Ayrık Eleman Metodu sonuçları 13 298.7 N ile 13 868.1 N arasında değerler almıştır. İki yöntemde de zaman aralıklarına bağlı olarak artış eğilimi gözlemlenmiştir (Görsel 10).



Görsel 18. Deneysel veriler ve simülasyon verileri arasında zamana bağlı ortalama direnç kuvveti grafiği

Güç tüketimi açısından hem deneysel hem de sayısal verilerde zamanla yine belirgin bir artış izlenmiştir. Deneysel güç tüketimi 1.07 kW seviyesinden 1.14 kW seviyesine ulaşırken; DEM ile elde edilen değerler 1.15 kW'tan 1.20 kW'a yükselmiştir. Özellikle 810–900 s aralığında, güçteki artışın hızlanması gübre birikiminin arttığını göstermektedir (Görsel 11).



Görsel 19. Deneysel veriler ve simülasyon verileri arasında zamana bağlı güç grafiği

Deneysel veriler ile simülasyon verileri arasındaki sapma miktarları ve oranları çizelge 4 ‘de verilmiştir.

Çizelge 9. Deneysel ve Simülasyon verilerinin sapma miktarları ve oranları

Zaman Aralığı (s)	**Deneysel Sonuçlar** (N)	**Simülasyon Sonuçları** (N)	**Sapma Oranı** (%)
630-660	12463.640	13298.7	6.28%
660-690	12502.742	13316.3	6.11%
690-720	12525.282	13361.3	6.26%
720-750	12649.938	13433.2	5.83%
750-780	12704.622	13514.4	5.99%
780-810	12788.706	13540.8	5.55%
810-840	12902.484	13581.7	5.00%
840-870	13023.220	13764.5	5.39%
870-900	13230.490	13868.1	4.60%

Ayrık Elemanlar Yöntemine göre bilgisayar simülasyon verileri, deneysel verilere göre %4.6 ile %6.28 arasında değişen sapmalar göstermiştir. Bu değerler, DEM modelinin deneysel sonuçlarla yüksek doğruluk oranıyla örtüştüğünü göstermektedir. Düşük sapma oranları, ayrık elemanlar metodunun endüstriyel uygulamalarda bir tahmin aracı olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

4.1. Sonuçlar

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Bu çalışmada 120 başlık sağımlık hayvan kapasitesine sahip hayvancılık işletmesinde 3.20 metre sıyırma genişliğine sahip sıyırıcı üzerine sıyırma yolu boyunca etki eden direnç kuvvetleri ölçülmüştür. Ölçülen değerler 30 saniyelik ortalamalar halinde grafiğe aktarılmıştır.

Bu çalışmada, gübre sıyırıcıya etki eden direnç kuvveti ve güç tüketimi hem deneysel yöntemlerle hem de Ayrık Elemanlar Metodu (DEM) ile analiz edilmiştir. Çalışmanın amacı, sıyırıcı sisteminin çalışma koşullarında zamanla değişen yük durumlarını, özellikle gübrenin fiziksel özelliklerine bağlı olarak sistem üzerindeki etkilerini ortaya koymak ve bu doğrultuda daha verimli, dayanıklı sistem tasarımlarına katkı sağlamaktır.
Deneysel ölçümler sonucunda, sıyırıcı sistemine etki eden direnç kuvvetinin zamanla arttığı gözlemlenmiştir. Bu artış, gübrenin birikmesine bağlı olarak oluşan yoğunluk ve hacim artışı ile orantılı olarak artmıştır.
Ayrık Elemanlar Metodu ile yapılan simülasyonlarda elde edilen direnç kuvveti değerleri de benzer bir artış eğilimi göstermiştir. Ancak deneysel sonuçlara göre %4.6 ile %6.28 arasında değişen sapmalar gözlemlenmiştir. Bu sapma, modelleme sırasında kullanılan parametrelerin gerçek mekanik davranışları tam olarak yansıtamamasından kaynaklanmaktadır.
Güç tüketimi açısından hem deneysel hem de sayısal verilerde zamanla belirgin bir artış izlenmiştir. Deneysel güç tüketimi 1.07 kW seviyesinden 1.14 kW seviyesine ulaşırken; DEM ile elde edilen değerler 1.15 kW'tan 1.20 kW'a yükselmiştir.
Gerçekleştirilen deneysel çalışmada gübre sıyırıcı üzerine etki eden direnç kuvveti ve güç tüketimi ayrık eleman metoduyla yapılan bilgisayar simülasyonuyla elde edilen verilerle küçük sapmalar dahilinde uyum sağlamaktadır.

Güç ve direnç kuvveti değerleri arasındaki uyum, DEM modellemesinin uygulanabilir bir tahmin aracı olarak kullanılabilirliğini doğrulamaktadır. Sayısal analizler, sistemin zamana bağlı olarak göstereceği yük değişimlerini tahmin etme açısından önemli avantajlar sağlamaktadır.

4.2. Öneriler

Gübre yönetimi kültürünün hayvancılık işletmelerinde gelişimi mühendislik uygulamaları ile çözüm bulabilmektedir. Özellikle bilgisayar teknolojisindeki ilerleme sayısal çözümleme tekniklerinin uygulanmasını artırmıştır. Problemlerin tam anlamıyla tespit edilebilmesi ve çözüm için uzun süren ve zahmetli denemelerin olması bilgisayar simülasyonlarının kolaylık sağlaması açısından önemini ortaya koymaktadır. Çalışmamızın ana konusu olan zincirli tip gübre sıyırıcıya ait kuvvet ve güç ihtiyacı bilgileri deneysel ve bilgisayar simülasyonları ile gerçekleştirilmiştir. Bu tür multifiziksel simülasyonlar sıyırıcı tasarımında revizyonlar için karar destek sistemi oluşturabilir. DEM yazılımlarında gübre gibi biyolojik, yapışkan, heterojen yapıdaki malzemelerin modellenmesinde ciddi zorluklar yaşanmaktadır. Bu bağlamda özellikle tiksotropik davranışlar, yoğunluk değişimleri, tanecik birleştirme eğilimleri gibi özel durumların da yazılımlarda ele alınmasında yarar vardır.

KAYNAKLAR

[1] Bahadır, M., Mehmet, A., Yıldırım, M., Vural, F. Ö., Doğan, İ. B. ve Özbek, O., (2023), *Ayrık Elemanlar Metodu ve Tarım Makinelerindeki Bazı Uygulamaları*, Mas Journal Of Applied Sciences, 8 (4), 630-653.

[2] Bahadır, M. *Vidalı Pres Tipi Ahır Gübresi Separatörlerinde Helezon Aşınmalarının Belirlenmesi*. Doktora Tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2024.

[3] Çakmak, Ö., *Eskişehir İlinde Yeraltı ve Yüzeysel Sulardaki Nitrat Kirliliğinin Kirletici Kaynakları Göz Önünde Bulundurularak Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 2007.

[4] İnan, F. İ., *Hayvansal Atıkların ve Arıtma Çamurlarının Stabilizasyonunda Kullanılan Kompostlama ve Anaerobik Çürütme Proseslerinin Verimliliklerinin Karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 2012.

[5] Mutlu, A., *Adana İli Ve Çevresindeki Hayvancılık Tesislerinde Ortaya Çıkan Atıkların Yarattığı Çevre Kirliliği Üzerinde Bir Çalışma*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 1999.

[6] Şimşek, E., Yaslıoğlu, E. ve Arıcı, İ., *Süt Sığırcılığı İşletmelerinde Gübre Yönetimi ve Gübre İşletim Sistemlerinin Planlanması*, GAP II. Tarım Kongresi, Şanlıurfa 2, 715-722., 2001.

[7] Topbaş, E. *Büyükbaş Ahırlarında Kullanılan Gübre Sıyırıcılarda Meydana Gelen Kuvvetlerin Ayrık Elemanlar Metoduyla Analizi.* Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2025.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ORGANİK VE ORGANİK DESTEKLİ GÜBRE UYGULAMALARININ SALİHLİ KİRAZ ÇEŞİDİNDE VERİM VE MEYVE KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Dr.Öğ.Üy. Bülent YAĞMUR

Ege Üniversitesi, bulent.yagmur@ege.edu.tr - 0000-0002-7645-8574

ÖZET

Bu araştırma, farklı organik ve organik destekli gübre uygulamalarının Salihli kiraz çeşidinde verim, pomolojik özellikler ve bazı kimyasal kalite kriterleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Çalışma, Manisa ili Salihli ilçesinde bir üretici bahçesinde iki yıl süreyle gerçekleştirilmiştir. Deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuş; her tekerrürde üç ağaç yer almış ve kontrol dahil olmak üzere altı farklı uygulama değerlendirilmiştir. Denemede ahır gübresi, Biofarm, ahır gübresi + Sea Fert, ahır gübresi + Amino Quick, ahır gübresi + Royal K-Humat uygulamaları ile gübre uygulanmayan kontrol yer almıştır.Elde edilen bulgular, uygulamaların her iki deneme yılında da ağaç başına verim üzerinde istatistiksel olarak önemli etkilere sahip olduğunu göstermiştir. En yüksek verim değerleri ahır gübresi ve ahır gübresi + Royal K-Humat uygulamalarından elde edilirken, kontrol uygulamasında en düşük verim değerleri belirlenmiştir. Pomolojik özellikler bakımından, özellikle ahır gübresi ile organik destekleyicilerin birlikte uygulandığı konularda meyve ağırlığı, meyve eni ve meyve eti sertliği değerlerinin daha yüksek olduğu saptanmıştır. Meyvelerin kimyasal özellikleri incelendiğinde, uygulamaların elektriksel iletkenlik ve suda çözünür kuru madde değerleri üzerinde etkili olduğu, en yüksek suda çözünür kuru madde miktarının ahır gübresi + Royal K-Humat uygulamasında belirlendiği tespit edilmiştir.Sonuç olarak, Salihli kiraz yetiştiriciliğinde ahır gübresinin tek başına veya hümik–fulvik asit içeren organik toprak düzenleyicileriyle birlikte uygulanmasının, verim ve meyve kalitesi açısından çevre dostu ve sürdürülebilir bir gübreleme yaklaşımı olduğu ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Gübre, kiraz, verim, pomolojik özellikler, kalite,

EFFECTS OF ORGANIC AND ORGANICALLY SUPPORTED FERTILIZER APPLICATIONS ON YIELD AND FRUIT QUALITY OF THE SALİHLİ CHERRY CULTIVAR

Abstract

This two-year study aimed to investigate the effects of different organic and organically supported fertilizer applications on yield, pomological traits, and selected chemical quality parameters of the Salihli cherry cultivar. The experiment was conducted in a commercial orchard in Salihli, Manisa, Turkey, using a randomized complete block design with three replicates, each comprising three trees, and six treatments including a control. The treatments included farmyard manure, Biofarm, farmyard manure + Sea Fert, farmyard manure + Amino Quick, farmyard manure + Royal K-Humat, and an untreated control.Results demonstrated that fertilizer treatments significantly affected yield per tree in both experimental years. The highest yields were recorded in the farmyard manure and farmyard manure + Royal K-Humat treatments, whereas the lowest yield was observed in the control. Regarding pomological traits, fruit weight, fruit width, and flesh firmness were enhanced particularly in treatments combining farmyard manure with organic amendments. Chemical analyses revealed that treatments

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

influenced electrical conductivity and soluble solids content, with the highest soluble solids recorded in the farmyard manure + Royal K-Humat treatment.In conclusion, applying farmyard manure alone or in combination with humic–fulvic acid-containing organic amendments represents an environmentally friendly and sustainable fertilization strategy, improving both yield and fruit quality in Salihli cherry production.
Keywords: Fertilizer, cherry, yield, pomological traits, fruit quality

1. GİRİŞ

Kiraz, ülkemizde ekonomik açıdan önemli meyve türleri arasında yer almakta olup, yetiştirildiği ekolojiye bağlı olarak genellikle Mayıs ayının ortalarından itibaren pazara sunulmaktadır. Türkiye'nin pek çok bölgesinde kiraz yetiştiriciliği yapılmasına karşın, üretimin en yoğun olarak gerçekleştirildiği bölge Ege Bölgesi olup, bu bölge toplam ülke üretiminin yaklaşık %28'ini karşılamaktadır. İzmir ilinde kiraz üretiminin neredeyse tamamının gerçekleştirildiği Kemalpaşa ilçesi; uygun iklim koşulları, meyvelerinin erkenciliği ile birlikte önemli tüketim merkezlerine yakınlığı sayesinde geçmişten günümüze kadar kiraz yetiştiriciliğinde öne çıkan bir üretim merkezi olmuştur.

Son yıllarda artan çevre bilinci ile birlikte organik tarım, tercih edilen üretim sistemleri arasında önemli bir yer edinmiştir. İnsanlar, sağlıklı ve kalıntı içermeyen gıda ve gıda dışı ürünleri tüketme eğilimi doğrultusunda, çevre dostu üretim yöntemlerine yönelmektedir. Bunun yanı sıra organik tarım uygulamaları; ülkelerin sosyo-ekonomik gelişimine katkı sağlaması ve ekolojik sürdürülebilirliğin temin edilmesi açısından da büyük önem taşımaktadır. Ancak organik üretim sistemlerinde karşılaşılan temel sorunlardan biri, konvansiyonel üretime kıyasla görülen verim düşüklüğüdür. Bu durumun başlıca nedenleri arasında, daha önce konvansiyonel koşullarda tesis edilmiş bahçelerin organik üretim sistemine adaptasyon süreci ve buna bağlı olarak bitki besleme ve gübreleme uygulamalarındaki yetersizlikler yer almaktadır. Dünya genelinde olduğu gibi Türkiye'de de organik ürünlere olan talep giderek artış göstermektedir (Erkmen, 2010).

Türkiye'de organik tarım faaliyetlerine ilişkin veriler incelendiğinde; 2003 yılında 179 ürün çeşidi, 14.798 üretici ve 113.621 hektar alanda başlayan organik üretimin, 2024 yılı itibariyle 268 ürün, 36.402 üretici ve 241.490 hektar alana ulaştığı görülmektedir. Aynı dönemde organik ürün üretim miktarının 1.301.248 ton seviyesine çıktığı belirlenmiştir (Anonim, 2025). Bununla birlikte, organik tarımın toplam tarımsal faaliyetler içerisindeki payı yaklaşık %1 gibi oldukça düşük bir düzeydedir.

Türkiye, dünya genelinde kiraz üretimi bakımından ön sıralarda yer almakta olup, bazı yıllarda birinci, bazı yıllarda ise ikinci sırada bulunmaktadır. Ülkede kiraz üretim miktarı yıllar itibariyle sürekli artış göstermiş; 2003 yılında 265.000 ton, 2012 yılında 470.887 ton, 2017 yılında 627.132 ton ve 2024 yılında 726.500 ton seviyesine ulaşmıştır (Anonim, 2025). Buna karşın, toplam kiraz üretiminin yalnızca yaklaşık %0,5'inin organik üretimden oluşması, bu alandaki potansiyelin yeterince değerlendirilemediğini göstermektedir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Bu çalışma kapsamında, farklı organik gübre uygulamalarının organik kiraz yetiştiriciliğinde verim ve meyvenin bazı kalite özellikleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Bu araştırma, Manisa ili Salihli ilçesinde yer alan bir üreticiye ait kiraz bahçesinde, iki ardışık üretim sezonu boyunca yürütülmüştür. Çalışmada bitkisel materyal olarak, yörede yaygın olarak yetiştirilen ve ticari değeri yüksek olan Salihli kiraz çeşidi kullanılmıştır.

Deneme alanının toprak özelliklerini ortaya koymak amacıyla, her iki deneme yılında da, bahçeyi temsil edecek şekilde 0–30 cm ve 30-60 cm toprak derinliklerinden örnekler alınmıştır. Alınan toprak örneklerinde; pH, toplam tuz, kireç, tekstür, organik madde, toplam azot ile alınabilir makro ve mikro besin maddeleri analizleri gerçekleştirilmiş; elde edilen analiz sonuçları Çizelge 1'de sunulmuştur.

Çizelge.1.Deneme alanından her iki yılda alınan toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

		1.Yıl		2.Yıl		Değerlendirme
Yapılını Analizler		0-30 cm	30-60 cm	0-30 cm	30-60 cm	
pH		7.41	7.24	7.37	7.35	Nötr
Toplanı Tuz	(%)	0.040	0.040	0.033	0.040	Tuzluluk sorunu yok
Kııeç	(%)	2.30	2.33	2.17	2.45	Kireççe fakir
Kıun	(%)	58.60	52.60	54.60	56.60	
Mil	(%)	24.00	25.00	25.00	21.00	
Kil	(%)	18.40	22.40	20.40	22.40	
Bünye		Kumlu tın	Kumlu tın	Kumlu tın	Kumlu tın	
Organik Madde	(%)	1.57	1.25	1.74	1.25	Fakir
Toplam Azot	(%)	0.080	0.073	0.092	0.070	Orta
Alınabilir Fosfor	(ppm)	5.45	3.70	4.92	3.89	Yeterli
Alınabilir Potasyum	(ppm)	210	185	185	170	Fakir
Alınabilir Kalsiyum	(ppm)	3610	3670	3560	3770	Yeterli
Alınabilir Magnezyum	(ppm)	235	224	196	225	Yeterli
Alınabilir Sodyum	(ppm)	56	67	53	64	Sorunsuz
Alınabilir Demir	(ppm)	12.88	11.64	14.12	12.84	Yeterli
Alınabilir Bakır	(ppm)	1.94	1.49	1.62	1.37	Yeterli
Alınabilir Çinko	(ppm)	0.87	0.59	0.76	0.45	Fakir
Alınabilir Mangan	(ppm)	17.84	14.39	15.76	18.83	Yeterli

Toprak analiz sonuçlarına göre deneme alanı toprağının bünyesinin kumlu tın olduğu, pH değerinin nötr sınıfta yer aldığı, tuzluluk açısından herhangi bir sorun bulunmadığı belirlenmiştir. Toprakların organik madde ve alınabilir potasyum bakımından düşük, alınabilir fosfor ve mikro besin elementleri bakımından ise genel olarak yeterli düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

2.1.1. Denemede Kullanılan Çeşidin Özellikleri

Araştırmada kullanılan Salihli kiraz çeşidi, geç olgunlaşan bir çeşit olup meyveleri iri ve geniş kalp şekillidir. Meyve kabuğu parlak koyu kırmızıdan kırmızımsı siyah renge kadar değişmekte; meyve eti sert, sulu ve tatlı yapıdadır. Ortalama meyve ağırlığı 8–10 g arasında olup, 100 meyve ağırlığı yaklaşık 960 g'dır. Meyve sapı uzunluğu ve kalınlığı sırasıyla ortalama 49.4 mm ve 1.2 mm olarak bildirilmiştir (Daş, 1984; Özçağıran ve ark., 2004).

2.1.2. Denemede Kullanılan Gübreler

Araştırmada gübre materyali olarak ahır gübresi**,** Biofarm**,** Sea Fert (deniz yosunu)**,** Amino Quick (bitkisel menşeli amino asit) ve Royal K-Humat (organik toprak düzenleyici) kullanılmıştır. Bu gübrelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Araştırma materyali gübrelerin içerikleri

Yapılan Analizler	Ahır Güb.	Yapılan Analizler		Yapılan Analizler	Bio farm
pH	7.52	Toplam Kalsiyum (%)	1.05	Organik madde (%)	65.01
Organik madde (%)	59.70	Toplam Magnezyum (%)	0.55	Organik karbon (%)	37.03
Organik karbon (%)	34.61	Toplam Demir (ppm)	1412	Toplam Azot (%)	3.52
Toplam Azot (%)	1.89	Toplam Bakır (ppm)	65	C/N	10.57
C/N	18.40	Toplam Çinko (ppm)	277	Top. Fosfor P_2O_5(%)	3.02
Toplam Fosfor (%)	1.24	Toplam Mangan (ppm)	373	Top.Potasyum K_2O (%)	3.01
Toplam Potasyum (%)	2.37	Toplam Bor (ppm)	42.1		
Sea Fert (Deniz Yosunu)		Amino Quick (Amiıo Asid)Bitkisel Menşeli Amino Asid İçeren Organik Gübre		Royak K Humat Organik Toprak Düzenleyicisi (K-Humat)	
pH	9-11				
Organik madde (%)	30.04	pH	4.5-5.2	pH	8-10
Maksimum Nem (%)	6.52	Organik madde (%)	95.00	Maksimum Nem (%)	15.02
Ser.Amino Asitler (%)	1.02	Or ganik Azot *(%)*	7.50	Organik madde (%)	70.06
Alginik Asid (%)	10.05	Toplam Azot (%)	11.01	Top Hüm+Ful Asit (%)	85.10
T. Potasyum K_2O (%)	11	Ser. Amino Asitler (%)	40.05	S Ç Potasyum K_2O (%)	8.005

Kullanılan organik ve organomineral gübrelerin, makro ve mikro besin element içeriği ile organik madde ve hümik–fulvik asit içeriği bakımından farklı düzeylerde olduğu görülmektedir.

2.2. Yöntem

Deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Her tekerrürde üç ağaç bulunacak şekilde toplam 54 ağaç denemeye alınmış ve kontrol dahil olmak üzere altı farklı uygulama değerlendirilmiştir.

Uygulama dozlarının belirlenmesinde; toprak analiz sonuçları, kullanılan gübrelerin besin elementi içerikleri, üretici firma önerileri **ve** 12 yaşındaki kiraz ağaçlarının besin maddesi gereksinimleri dikkate alınmıştır. Buna göre oluşturulan deneme konuları aşağıda verilmiştir:

1. Ahır gübresi (50 kg/ağaç)
2. Biofarm (5 kg/ağaç)
3. Ahır gübresi (50 kg/ağaç) + Sea Fert

4. Ahır gübresi (50 kg/ağaç) + Amino Quick
5. Ahır gübresi (50 kg/ağaç) + Royal K-Humat
6. Kontrol (gübre uygulaması yapılmamıştır)

Ahır gübresinde bulunan organik azotun mineralizasyonu zamana bağlı olarak gerçekleştiğinden, ikinci yıl uygulamasında birinci yıl verilen ahır gübresi miktarı %50 oranında azaltılarak tekrarlanmıştır (Demirkıran, 2004). Yaprak ve sıvı gübre uygulamaları üretici firma önerileri doğrultusunda püskürtme yöntemiyle gerçekleştirilmiş ve her iki yılda da aynı uygulama esasları korunmuştur.

2.2.1. Verim

Verim değerleri, hasat döneminde ağaçlardan alınan ve ticari olgunluğa ulaşmış meyvelerin tartılmasıyla belirlenmiş ve sonuçlar kg/ağaç cinsinden ifade edilmiştir (Burak ve ark., 2003).

2.2.2. Meyveye Ait Özellikler

Hasat döneminde her bir tekerrürden 1 kg meyve örneği alınarak pomolojik ve biyokimyasal analizler gerçekleştirilmiştir. Ortalama meyve ağırlığı, meyve eni ve boyu, meyve eti sertliği, meyve sapı ağırlığı ve uzunluğu, çekirdek ağırlığı ve çatlak meyve oranı gibi pomolojik özellikler belirlenmiştir (Özbek, 1977; Oğuz ve Aşkın, 1993; Büyükyılmaz ve ark., 1994; Özçağıran ve ark., 2004).

Kimyasal analizler kapsamında, meyve suyunda pH**,** elektriksel iletkenlik (EC)**,** suda çözünür kuru madde (SÇKM) **ve** titre edilebilir asitlik değerleri ölçülmüştür (Yaman, 2006).

2.2.3. İstatistiksel Analiz

Elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuş, uygulamalar arasındaki farklılıkların belirlenmesinde LSD çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Verime İlişkin Bulgular

Denemede yer alan farklı gübre uygulamalarının kiraz ağaçlarının verimi üzerine etkileri Çizelge 3'te verilmiştir. Birinci yıl elde edilen verim sonuçlarına göre uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar belirlenmiştir ($p<0.01$).

Çizelge.3. Deneme konularından hasat sonrası elde edilen verim değerleri

Uyg.No	Uygulama	1.Yıl		2.Yıl	
		Verim (kg/ ağaç)	Artış (%)	Verim (kg/ ağaç)	Artış (%)
1	Ahır Gübresi	30.84 a	130.0	32.64 ab	121.0
2	Biofarm	26.96 c	113.7	31.52c	116.8
3	Ahır Gübresi+Sea Fert	26.85 c	113.3	30.42 c	112.7
4	Ahır Gübresi+Amino Quick	28.66 bc	120.9	32.58 ab	120.8
5	Ahır Gübresi+Royal K-Humat	29.39 ab	123.9	34.67 a	128.5
6	Kontrol	23.70 d	100.0	26.97 d	100.0
LSI) 0.01		1.861		2.493	

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Birinci yılda, en yüksek ağaç başına verim ahır gübresi uygulamasından (30.84 kg/ağaç) elde edilmiş, bu uygulamayı ahır gübresi + Royal K-Humat uygulaması (29.39 kg/ağaç) izlemiştir. En düşük verim değeri ise herhangi bir gübreleme yapılmayan kontrol uygulamasında (23.70 kg/ağaç) kaydedilmiştir. Uygulamaların verim artış oranları kontrol uygulamasına göre değerlendirildiğinde, ahır gübresi ve ahır gübresi + Royal K-Humat uygulamalarının belirgin bir artış sağladığı görülmüştür.

Denemenin ikinci yılında da uygulamaların ağaç verimi üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.01$). En yüksek verim değeri ahır gübresi + Royal K-Humat uygulamasında (34.67 kg/ağaç) belirlenmiş, bunu ahır gübresi (32.64 kg/ağaç) ve ahır gübresi + Amino Quick (32.58 kg/ağaç) uygulamaları takip etmiştir. Kontrol uygulaması her iki yılda da en düşük verim değerlerini vermiştir.

Her iki yıl birlikte değerlendirildiğinde, ahır gübresinin tek başına veya organik kökenli destekleyici girdilerle birlikte kullanılmasının kirazda ağaç başına verimi artırdığı açıkça görülmektedir.

3.2. Meyveye Ait Pomolojik Bulgular

Uygulamaların meyve sapı ağırlığı ve uzunluğu, meyve eni ve boyu, ortalama meyve ağırlığı, meyve eti sertliği, çatlak meyve oranı ve çekirdek ağırlığı üzerine etkileri birinci ve ikinci yıl için sırasıyla Çizelge 4 **ve** Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 4.Uygulamaların meyve özellikleri üzerine etkisi (1.Yıl)

Uyg.No	Meyve Sapı Ağırlığı (g)	Meyve Sapı Uzunluğu (mm)	Meyve Eni (mm)	Meyve Boyu (mm)	Ortalama Meyve Ağırlığı (g)	Meyve Eti Sertliği (kg)	Çatlak Meyve Oranı (%)	Çekirdek Ağırlığı (g)
1	0.12 bc	46.35 bc	23.74 a	22.84	8.45 a	1.57 a	1.11 d	0.28 ab
2	0.12 bc	49.05 ab	22.56 bc	22.81	7.68 b	1.21 b	1.32 ab	0.26 bc
3	0.14 ab	45.81 c	22.74 bc	22.41	7.69 b	1.57 a	1.36 ab	0.26 bc
4	0.11 c	49.64 a	22.94abc	22.66	7.69 b	1.58 a	1.22 ab	0.26 bc
5	0.16 a	46.86bc	23.31 ab	23.21	8.10 a	1.63 a	1.21cd	0.31 a
6	0.13 abc	46.48bc	22.30 d	22.04	7.15 c	1.41 ab	1.42 a	0.25 c
LSD 0.05	0.030	2.693	0.821	ns	0.643	0.186	0.151	0.020

Çizelge 5.Uygulamaların meyve özellikleri üzerine etkisi (2. Yıl)

Uyg.No	Meyve Sapı Ağırlığı (g)	Meyve Sapı Uzunluğu (mm)	Meyve Eni (mm)	Meyve Boyu (mm)	Ortalama Meyve Ağırlığı (g)	Meyve Eti Sertliği (kg)	Çatlak Meyve Oranı (%)	Çekirdek Ağırlığı (g)
1	0.18	47.36	25.38 a	23.78 a	8.81 ab	1.29 ab	1.03	0.45 ab
2	0.19	47.54	24.24 a	23.42 a	8.57 b	1.23 b	1.06	0.39 bc
3	0.19	47.27	25.34 a	23.48 a	8.76 ab	1.24 b	1.07	0.37 bc
4	0.19	47.39	24.78 a	23.66 a	8.62 b	1.27 ab	0.93	0.36bc
5	0.18	47.37	25.63 a	23.97 a	9.23 a	1.45 a	1.02	0.47 a
6	0.17	47.02	21.96 b	22.23 b	7.86 c	1.10 b	1.04	0.35 c

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

LSD 0.01	ns	ns	2.197	0.650	0.531	0.186	ns	0.067

3.2.1. Birinci Yıl Pomolojik Özellikler

Birinci yılda meyve sapı ağırlığı, meyve sapı uzunluğu, meyve eni, ortalama meyve ağırlığı, meyve eti sertliği, çatlak meyve oranı ve çekirdek ağırlığı bakımından uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar belirlenmiştir ($p<0.05$). Meyve boyu değerleri bakımından ise uygulamalar arasında anlamlı bir farklılık saptanmamıştır.

Birinci yıl ölçülen değerler incelendiğinde; ortalama meyve ağırlığının 7.15–8.45 g, meyve eti sertliğinin 1.21–1.63 kg ve meyve eni değerlerinin 22.30–23.74 mm aralığında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek ortalama meyve ağırlığı ve meyve eti sertliği değerleri ahır gübresi ve ahır gübresi + Royal K-Humat uygulamalarında tespit edilmiştir.

Çatlak meyve oranı bakımından uygulamalar arasında farklılıklar gözlenmiş olup, en düşük çatlama oranı ahır gübresi uygulamasında, en yüksek değer ise kontrol uygulamasında belirlenmiştir.

3.2.2. İkinci Yıl Pomolojik Özellikler

İkinci yılda meyve eni, meyve boyu, ortalama meyve ağırlığı, meyve eti sertliği ve çekirdek ağırlığı bakımından uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Buna karşın, meyve sapı ağırlığı, meyve sapı uzunluğu ve çatlak meyve oranı üzerine uygulamaların etkisi önemsiz olarak belirlenmiştir.

İkinci yıl ortalama meyve ağırlığı değerleri 7.86–9.23 g, meyve eni 21.96–25.63 mm ve meyve eti sertliği 1.10–1.45 kg arasında değişmiştir. En yüksek meyve ağırlığı ve meyve eni değerleri ahır gübresi + Royal K-Humat uygulamasından elde edilirken, en düşük değerler kontrol uygulamasında kaydedilmiştir.

Her iki yılın sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, organik ve organik destekli gübre uygulamalarının meyve iriliği ve kalite özellikleri üzerinde olumlu etkiler yaptığı görülmektedir.

3.3. Meyvelere Ait Kimyasal Özellikler

Denemenin her iki yılında uygulamaların meyvelerin pH**,** elektriksel iletkenlik (EC)**,** suda çözünür kuru madde (SÇKM) **ve** titre edilebilir asitli**k** değerleri üzerine etkileri Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6.Uygulamaların meyvenin kimyasal özellikleri üzerine etkisi (1.YIL)

Uvg. No	pH		Elektriksel Geçirgenlik (EC) (µmlıos.cm^{-1})		Suda Çözünür Kuru Madde (SÇKM) (%)		Titre Edilebilir Asitlik (%)	
	1.Yıl	2.Yıl	1.Yıl	2.Yıl	1.Yıl	2.Yıl	1.Yıl	2.Yıl
1	3.67 a	3.71	3987.2 a	4284.6 a	16.58	16.75 b	0.87	0.94
2	3.55bc	3.72	3967.9 a	4087.9 ab	16.28	16.47 bc	0.89	0.95
3	3.57 bc	3.68	3947.3 a	3895.7 bc	16.41	16.69 b	0.92	0.97

4	3.54 bc	3.70	3813.8 b	4264.8 a	16.56	16.78 b	0.89	0.96
5	3.58 ab	3.53	3781.8 b	3994.5 b	16.85	18.72 a	0.91	0.92
6	3.48 c	3.74	3764.9 c	3759.2 c	16.04	15.13 c	0.89	0.90
LSD 0.01	0.087	ns	71.393	221.23	ns	1.527	ns	ns

Analiz sonuçlarına göre, her iki yılda da uygulamaların meyve suyunun EC değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Birinci yılda meyve pH değerleri, ikinci yılda ise SÇKM değerleri bakımından uygulamalar arasında anlamlı farklar belirlenmiştir.

En yüksek pH ve EC değerleri ahır gübresi uygulamasından elde edilirken, en yüksek SÇKM değeri ahır gübresi + Royal K-Humat uygulamasında (2.Yıl) belirlenmiştir. Titre edilebilir asitlik değerleri bakımından ise her iki yılda da uygulamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir.

4. TARTIŞMA

Bu araştırmada, farklı organik ve organik destekli gübre uygulamalarının Salihli kiraz çeşidinde verim, pomolojik özellikler ve bazı kimyasal kalite kriterleri üzerine etkileri iki yıl süreyle değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, uygulamaların kiraz ağaçlarının gelişimi ve meyve kalitesi üzerinde farklı düzeylerde etkili olduğunu göstermektedir.

Verim sonuçları her iki deneme yılında da uygulamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğunu ortaya koymuştur. Özellikle ahır gübresinin tek başına veya Royal K-Humat gibi hümik–fulvik asit içeren ürünlerle birlikte uygulanması, ağaç başına verimde belirgin artışlar sağlamıştır. Bu durum, organik madde içeriği yüksek gübrelerin toprak fiziksel yapısını iyileştirmesi, besin elementlerinin yarayışlılığını artırması ve kök gelişimini teşvik etmesi ile açıklanabilir. Benzer şekilde, farklı meyve türlerinde yürütülen çalışmalarda da organik gübre uygulamalarının verim üzerinde olumlu etkiler gösterdiği bildirilmektedir.

Pomolojik değerlendirmelerde, organik ve destekleyici gübre uygulamalarının özellikle meyve iriliği, meyve ağırlığı ve meyve eti sertliği gibi kalite parametreleri üzerinde olumlu etkiler yaptığı belirlenmiştir. İkinci yılda bu etkilerin daha belirgin hale gelmesi, ahır gübresinde bulunan organik azotun zamana bağlı olarak mineralize olması ve toprakta birikimli etki göstermesiyle ilişkilendirilebilir. Kontrol uygulamasında her iki yılda da daha düşük değerlerin elde edilmesi, gübre uygulamalarının kirazda kalite oluşumu açısından önemini ortaya koymaktadır.

Meyvelere ait kimyasal özellikler incelendiğinde, özellikle elektriksel iletkenlik ve suda çözünür kuru madde değerleri bakımından uygulamalar arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Ahır gübresi ve ahır gübresi + Royal K-Humat uygulamalarının daha yüksek SÇKM değerleri sağlaması, bu uygulamaların karbonhidrat birikimini teşvik ettiğini düşündürmektedir. Titre edilebilir asitlik değerleri bakımından uygulamalar arasında anlamlı bir fark saptanmamış olması, bu özelliğin daha çok genetik yapı ve çevresel koşullarla ilişkili olabileceğini göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, organik ve organik destekli gübre uygulamalarının hem verim hem de kalite üzerindeki olumlu etkileri, sürdürülebilir kiraz yetiştiriciliği açısından bu girdilerin önemli bir alternatif olduğunu ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada elde edilen bulgular, organik gübre uygulamalarının meyve ağaçlarının verim potansiyeli ve meyveye ait özellikler üzerindeki etkilerini inceleyen önceki araştırmaların sonuçlarıyla genel bir uyum içerisindedir. Literatürde, farklı organik gübre kaynaklarının bitki gelişimini destekleyerek ağaç başına verimi artırdığı ve meyvenin fiziksel nitelikleri üzerinde olumlu değişimlere neden olduğu sıklıkla vurgulanmaktadır. Organik gübrelerin toprakta organik madde düzeyini yükseltmesi, besin elementlerinin yarayışlılığını artırması ve kök bölgesinde uygun bir gelişim ortamı oluşturması, bu olumlu etkilerin ortaya çıkmasında belirleyici faktörler olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda elde edilen sonuçlar; organik gübre uygulamalarının farklı meyve türlerinde verim ve meyve özellikleri üzerindeki etkilerini ortaya koyan önceki çalışmalarla paralellik göstermektedir (Aksoy ve Brohi, 1986; Malaguti ve ark., 2002; Tezcan ve ark., 2001; Damatto ve ark., 2004; Yaman, 2006; Burak ve ark., 2008; Gyeviki ve ark., 2008; Atay ve ark., 2015).

5. SONUÇ

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, Salihli kiraz çeşidinde organik ve organik destekli gübre uygulamalarının verim ve meyve kalitesi üzerinde önemli etkiler oluşturduğunu göstermiştir.

Her iki deneme yılında da en yüksek ağaç başına verim değerleri ahır gübresi ve ahır gübresi + Royal K-Humat uygulamalarından elde edilmiştir. Bu uygulamalar aynı zamanda meyve iriliği, meyve ağırlığı ve meyve eti sertliği gibi önemli pomolojik özellikleri de olumlu yönde etkilemiştir. Kimyasal kalite kriterleri bakımından ise suda çözünür kuru madde ve elektriksel iletkenlik değerlerinin, özellikle Royal K-Humat ile desteklenen uygulamalarda daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Elde edilen bulgular doğrultusunda, Salihli kiraz yetiştiriciliğinde ahır gübresinin tek başına veya hümik–fulvik asit içeren organik düzenleyicilerle birlikte kullanılmasının, verim ve kalite açısından etkili bir uygulama olduğu sonucuna varılmıştır. Bu tür organik gübreleme stratejilerinin, hem toprak verimliliğinin korunması hem de sürdürülebilir ve çevre dostu üretim sistemlerinin geliştirilmesi açısından yaygınlaştırılması önerilmektedir.

KAYNAKÇA

Aksoy, T., Brohi, A.R., *Azot, Fosfor ve Potasyum Gübrelerinin Şeftalide Meyve Verimine Etkisi,* Cumhuriyet Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt:2 Sayı:1,104-118, 1986.

Aksoy, U., Altındişli, A.,, Ekolojik Meyve *Yetiştirme İlkeleri, Ekolojik (Organik,Biyolojik) Tarım*, 1-95, 1998.

Anonim, www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=69 (Erişim. 12.07.2025),2025.

Atay S, Demirtaş M.N., ve Aslan, A., *Kiraz Yetiştiriciliğinde Organik ve Konvansiyonel Üretimin Karşılaştırmalı Ekonomik Analizi*, Meyvecilik Araştırma İstasyonu Müdürlüğü, 2(1): 1-8, 2015.

Burak, M., Türkel_ Y., Akçay M. E., Yasasın A. S., *Bazı Yeni Elma Çesitlerinin Doğu Marmara Bölgesindeki Verim Ve Kalitelerinin Belirlenmesi*. Türkiye 4. Bahçe Bitkileri Kongresi s.303-305, Antalya, 2003.

Burak, M., Akçay, M., Yalçınkaya, E., Türkeli, Y., *Effect of Some Clonal Rootstocks on Growth and Earliness of '0900 Ziraat' Sweet Cherry*, Proc.5th IS on Cherry, Acta Hort. 795, ISHS: 199- 20, 2008.

Büyükyılmaz, M., Bulagay, A.N., Burak, M., *Marmara Bölgesi için Ümitvar Armut Çeşitleri*, III. Bahçe Dergisi, 23, 1-2, 1994.

Damatto Jun_Or, E. R.; Leonel, S.; Pedroso, C. J., *Revista Brasileira De Fruticultura* 27 (1), 188-190, 2004.

Daş, S**.,** *Kiraz Yetiştiriciliği ve Gübrelenmesi*, **1**8, 1984.

Demircan, V., Hatırlı, S.A. ve Aktas, A. R., *Isparta İlinde Kirazın Pazarlama Yapısı ve Sorunları,* S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 8.1 26–33,2004.

Demirkıran, A.R., K*ahramanmaraş Yöresindeki Bazı Organik Gübrelerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri,* Türkiye III.Ulusal Gübre Kongresi, Tarım-Sanayi-Çevre, 753-758, Tokat, 2004.

Gülcan, R., Güleryüz, M., Polat İ., Ünal, A., Pırlak, L., Elişken, A., Aslantaş, R., Karaduva, L. ve Demirsoy, H., *Yumusak ve Sert Çekirdekli Meyveler Tüketim Projeksiyonları ve Üretim Hedefleri,* Türkiye Ziraat Mühendisligi 4.Teknik Kongresi Ankara. 2. Cilt. 629–653,1995.

Gyeviki M., Bujdosó G., Hrotkó K., 2008. *Results of cherry rootstock evaluations in Hungary*. International Journal of Horticultural Science, 14: 11-14,2008.

Kaska, N., *Türkiye'nin Sert Çekirdekli Meyvelerde Üretim Hedefleri Üzerine Öneriler,* I. Sert Çekirdekli Meyveler Sem., 1-16,Yalova, 2001.

Kaya, A., *Farklı Organik Gübre Uygulamalarının Giant Erik Çeşidinde Ağaç ve Meyve Özellikleri Üzerine Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 2007.

Küden, A. ve Kaska, N., *Çukurova Yayla Kesimlerine Verim ve Kalite Bakımından Uyabilecek Kiraz Çeşitlerinin Saptanması*. Türkiye 1. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi. Cilt 1 (Meyve), 487-490, Bornova –İzmir, 1992.

Malaguti, D., Rombola, A. D., Gerin, M., Simoni, G., Tagliavini, M., Marangoni, B. *Effect of Seaweed Extracts-Based Leaf Sprays on the Mineral Status, Yield and Fruit Quality of Apple.*Acta Horticulturae No.594, 357-362, 2002.

Oğuz, İ, Askın, M.A**.,** *Ercis'te Yetistirilen Mahalli Elma Çesitlerinin Morfolojik ve Pomolojik Özellikleri Üzerine Arastırmalar*, Yüzüncü Yıl Üniversitesi FenBilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 1993.

Öz, F., Kiraz-*Vişne*. T.A.V. Yayınları. No:16,1988.

Özbek, S., *Özel Meyvecilik, Kışın Yaprağını Döken Meyve Türleri*, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları:128, Ders Kitabı:11, 1978.

Özçağıran, R., Ünal, A., Özeker, E., İsfendiyaroğlu, M., *Ilıman İklim Meyve Türleri, Sert Çekirdekli Meyveler*, Cilt 1, 2004.

Şanlı, V., *Uluborlu İlçesinde Yetistirilen Bazı Kiraz Çesitlerinin Pomolojik ve Fenolojik Özellikleri* (Yüksek Lisans Tezi). S.D.Ü. Fen Bilimleri Enst, 2001.

Taner, Y., *Sert Çekirdekli Meyve ve Özellikle Kiraz ihracatının Pazarlama Politikaları ve Stratejilerinin Belirlenmesi*. I. Sert Çekirdekli Meyveler Semp. 29-38, Yalova. 2001.

Tezcan, S., Demirkan, H., Çetinkaya, N., Mısırlı, A., Ünal, A., Aksoy, U.,Okur,B., Eryüce, N., Anaç, D., Çokuysal, B., Çakıcı,H., Ul, M.A., Olgun,A., Adanacıoğlu, H., *Organik Kiraz Üretim olanaklarının Araştırılması*, E.Ü. Arş.Fonu Proje Raporu, 2001.

Yaman, F., *Farklı Organik Materyal Uygulamalarının Grany Smith Elma Çeşidinde Ağaç Ve Meyve Özellikleri Üzerine Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 2006.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

FASULYE (PHASEOLUS VULGARİS L.) BİTKİSİNİN VERİM VE BESİN ELEMENTİ ALIMI ÜZERİNE HÜMİK ASİT UYGULAMALARININ ETKİSİ

Dr.Öğ.Üy. Bülent YAĞMUR
Ege Üniversitesi, bulent.yagmur@ege.edu.tr - 0000-0002-7645-8574

ÖZET

Bu çalışma, fasulye bitkisinde farklı humik asit seviyeleri ve uygulama yöntemlerinin bitki gelişimi ile bazı makro ve mikro besin elementlerinin alımı üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Araştırma, kontrollü sera koşullarında saksı denemesi şeklinde gerçekleştirilmiş olup, humik asit uygulamaları hem topraktan hem de yapraktan olmak üzere farklı dozlarda uygulanmıştır. Denemede, Phaseolus vulgaris L. var. nannus cv. Başpınar çeşidi kullanılmıştır. Ekim öncesinde tüm saksılara temel gübreleme amacıyla eşit miktarda 200 mg kg^{-1} N, 100 mg kg^{-1} P_2O_5 ve 200 mg kg^{-1} K_2O uygulanmıştır. Humik asit uygulamaları; topraktan 0, 100, 200, 300 ve 400 ppm, yapraktan ise 0, 25, 50, 75 ve 100 ppm dozlarında ve üç uygulama şeklinde yapılmıştır.Elde edilen bulgulara göre, gerek topraktan gerekse yapraktan uygulanan humik asit dozları bitkinin makro ve mikro besin elementi alımı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiler oluşturmuştur. Kuru madde miktarı bakımından ise yalnızca yapraktan yapılan uygulamalar önemli artışlar sağlamıştır. Sonuçlar, özellikle uygun doz ve uygulama yöntemiyle kullanılan humik asidin fasulye bitkisinin beslenme durumunu iyileştirdiğini ortaya koymuştur.
Anahtar Kelimeler: Humik asit, bitki besin elementi alımı, fasulye, yaprak gübrelemesi

EFFECTS OF HUMIC ACID APPLICATIONS ON YIELD AND NUTRIENT UPTAKE IN BEAN (*PHASEOLUS VULGARIS* L.)

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effects of different concentrations and application methods of humic acid on growth parameters and the uptake of selected macro- and micronutrients in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants. The experiment was conducted under controlled greenhouse conditions in a pot trial, with humic acid applied both to the soil and as a foliar spray at varying doses. The variety used was *Phaseolus vulgaris* L. var. *nannus* cv. Başpınar.Prior to sowing, all pots received uniform basal fertilization of 200 mg kg^{-1} N, 100 mg kg^{-1} P_2O_5, and 200 mg kg^{-1} K_2O. Humic acid treatments were applied to the soil at 0, 100, 200, 300, and 400 ppm and foliarly at 0, 25, 50, 75, and 100 ppm, each in three separate applications. The results indicated that both soil and foliar humic acid applications had statistically significant effects on the uptake of macro- and micronutrients. In terms of dry matter accumulation, only foliar applications resulted in significant increases. Overall, the findings suggest that humic acid, when applied at optimal doses and via suitable methods, can enhance the nutritional status and growth performance of bean plants.
Keywords: Humic acid, nutrient uptake, bean, foliar fertilization

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

GİRİŞ

Bitkisel üretimde verim ve kaliteyi sınırlayan temel faktörlerden biri, toprakların yetersiz organik madde içeriğidir. Organik maddenin düşük olduğu topraklarda bitki besin elementlerinin yarayışlılığı azalmakta, buna bağlı olarak bitki gelişimi olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu nedenle organik madde kaynaklarının tarım topraklarına kazandırılması sürdürülebilir üretim açısından önem taşımaktadır. Ancak organik materyallerin temini, taşınması ve uygulama öncesi işlenmesi çoğu zaman güçlük yaratmakta, bu durum alternatif organik kaynakların kullanımını gündeme getirmektedir.

Son yıllarda humik maddeler, bitki besleme ve toprak verimliliğini artırma açısından ön plana çıkan materyaller arasında yer almaktadır. Topraktaki organik maddelerin humifikasyonu sonucu oluşan humik asitler, mikrobiyal parçalanmaya karşı dayanıklı yapıları sayesinde toprakta uzun süre kalabilmekte ve dolaylı olarak organik madde düzeyini yükseltebilmektedir (Usta ve ark., 1996). Özellikle kireçli, organik maddece fakir ve mikro besin elementi noksanlığı görülen topraklarda humik asit uygulamalarının P, Fe ve Zn gibi elementlerin bitki tarafından alımını artırdığı bildirilmektedir (Dursun ve ark., 1998; Kunç,2002; Özkan,2007).

Literatürde, düşük doz humik asit uygulamalarının bitki gelişimini teşvik ettiği, fakat aşırı dozlarda uygulandığında etkisinin azaldığı veya olumsuz sonuçlar doğurabildiği belirtilmektedir (Chain ve Aviad, 1990; Padem ve Öcal, 1998). Farklı bitki türleri üzerinde yapılan çalışmalar, humik asidin besin elementi alımı ve verim üzerindeki etkisinin bitki türüne, uygulama dozu ve yöntemine bağlı olarak değiştiğini göstermektedir (Demirtaş ve ark., 2014; Gürsoy ve ark., 2016; Mtua ve ark., 2016).

Bu çalışma ile fasulye bitkisine topraktan ve yapraktan uygulanan farklı humik asit konsantrasyonlarının bitkinin kuru madde üretimi ile makro ve mikro besin elementleri alımı üzerindeki etkilerinin ortaya konulması ve uygun uygulama yöntemi ile dozunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1.Materyal

Araştırma, sera koşullarında saksı denemesi şeklinde ve tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Denemede bitki materyali olarak Phaseolus vulgaris L. var. nannus cv. Başpınar kullanılmıştır.

2.2.Yöntem

2.2.1. Sera Denemesi Kurulması

Beş kilogram toprak alan plastik saksılara dörder adet fasulye tohumu ekilmiş, çıkıştan sonra seyreltme yapılarak bitki sayısı ikiye düşürülmüştür. Humik asit uygulamaları; topraktan 0, 100, 200, 300 ve 400 ppm; yapraktan ise 0, 25, 50, 75 ve 100 ppm dozlarında gerçekleştirilmiştir. Yapraktan uygulamalar, bitkilerin 20–25 cm boya ulaştığı dönemde başlatılmış ve 20’şer gün aralıklarla toplam üç kez tekrarlanmıştır.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Tüm saksılara başlangıçta temel gübreleme amacıyla 200 mg kg^{-1} N (Amonyum sülfat), 100 mg kg^{-1} P_2O_5 (Mono potasyum fosfat) ve 200 mg kg^{-1} K_2O (Potasyum sülfat) uygulanmıştır. Seyreltmeden sonra her saksıya ek olarak 50 mg kg^{-1} N (Amonyum nitrat) verilmiştir. Sulama, başlangıç döneminde toprak su tutma kapasitesinin %60'ı, vejetasyon döneminde ise %80'i esas alınarak yapılmıştır.

Denemede %85 oranında humik + fulvik asit içeren ticari Royal K-Humat materyali kullanılmıştır. Topraktan uygulamalarda humik asidin pH'sı fosforik asit ile 7'ye ayarlanarak sulama suyu ile birlikte verilmiştir. Hasat sonunda bitki örnekleri alınarak gerekli analizler yapılmıştır.

2.2.2.Toprak Analiz Yömtemleri

Araştırma materyali toprak örneğinin fiziko kimyasal özelliklerinde pH ve EC, 1:2.5 toprak/su süspansiyonunda ölçülmüştür (Richards, 1954). OM Walkley-Black yöntemiyle (Jackson, 1962), $CaCO_3$ Scheibler kalsimetresiyle (Richards, 1954), toprak tekstürü Bouyoucos hidrometre yöntemiyle (Bouyoucos, 1951), tekstür sınıflaması Soil Survey Manual esaslarına göre yapılmıştır (Soil Survey Manual, 1951). Toplam N Kjeldahl yöntemi ile tayin edilmiştir (Bremner, 1965). Alınabilir K, Ca ve Na 1 N nötr amonyum asetat ile ekstrakte edilip K ve Na fleymfotometre de, Mg ise atomik absorbsiyon spektrofotometrede okunarak, bitkiye yarayışlı P ise 0.5 N $NaHCO_3$ ile ekstrakte edilip spektrofotometrik yöntemle, alınabilir Fe, Cu, Zn ve Mn miktarları ise DTPA (pH: 7,3) çözeltisi ile ekstrakte edilip atomik absorbsiyon spektro fotometre cihazında okunarak belirlenmiştir (Kacar, 1995; Olsen ve ark., 1954; Lindsay ve Norwell, 1978; Kacar, 2016). Araştırma materyali toprak örneğine ait fiziko kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1' de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneme Saksılarında Kullanılan Toprak Örneğinin Fiziko-Kimyasal Özellikleri

Analizler		**Sonuç**	**Yorum**
pH		7.72	Hafif Alkalin
Toplanı Tuz	(%)	0.055	Tuzluluk sorunu yok
Kııeç	(%)	7.30	Kireçli
Kıun	(%)	85.60	
Mil	(%)	9.00	
Kil	(%)	5.40	
Bünye		Tınlı kum	
Organik Madde	(%)	1.42	Az
Toplam Azot	(%)	0.057	Yetersiz
Faydalı Fosfor	**(ppm)**	5.82	Yeterli
Faydalı Potasyum	**(ppm)**	167	Az
Faydalı Kalsiyum	**(ppm)**	2855	Yeterli
Faydalı Magnezyum	**(ppm)**	187	Yeterli
Faydalı Sodyum	**(ppm)**	52	Sorunsuz
Faydalı Demir	**(ppm)**	8.20	Yeterli
Faydalı Bakır	**(ppm)**	1.57	Yeterli
Faydalı Çinko	**(ppm)**	1.13	Orta
Faydalı Mangan	**(ppm)**	14.87	Yeterli

2.2.3. Bitki Analiz Yöntemleri

Bitki örneklerinde toplam makro ve mikro besin elementler (P, K, Ca, Mg; Na Fe, Cu, Zn, Mn,) Kacar ve İnal (2008) tarafından bildirilen yaş yakma (HNO_3+$HClO_4$) yöntemi ile analize hazır hale getirilip,

toplam fosfor spektrofotomekrik yöntemle, toplam K, Ca, ve Na fleyfotomtre ile, toplam Mg, Fe, Cu, Zn, ve Mn ise ataomik absorbsiyon spktrofotometrede okunarak belirlenmiştir. Bitki örneklerinin toplam N içeriği modifiye kjeldahl yöntemi ile belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

2.2.4.İstatiksel Yöntem

Araştırma sonucunda elde edilen bulguların istatistiki değerlendirmesi TARİST paket programına göre yapılmıştır (Yurtsever, 1984; Açıkgöz ve ark., 1994).

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1. Uygulamaların Kuru Madde Miktarı Üzerine Etkisi

Topraktan uygulanan humik asit dozları, fasulye bitkisinin kuru madde miktarı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim oluşturmazken, yapraktan yapılan uygulamalar kuru madde birikimini önemli düzeyde artırmıştır (Çizelge 2 ve Çizelge 3) Her iki uygulama yönteminde de doz artışına bağlı olarak kuru madde miktarında artış eğilimi gözlenmiştir.

Çizelge 2. Topraktan Humik Asit Uygulamasının Kuru Madde Miktarına Etkisi

Uygulamalar	Humik Asit Düzeyleri (ppm)				
	Kontrol	100	200	300	400
Kuru Madde (%)	15.65	16.01	16.06	16.15	16.34
LSD (Fasulye)	ns				
Uygulamalar	Humik Asit Düzeyleri (ppm)				
	Kontrol	100	200	300	400
Artış (%)	100.00	102.30	102.62	103.19	104.41

Çizelge 2. Yapraktan Humik Asit Uygulamasının Kuru Madde Miktarına Etkisi

Uygulamalar	Humik Asit Düzeyleri (ppm)				
	Kontrol	25	50	75	100
Kuru Madde (%)	14.25	14.91	15.12	15.36	15.72
LSD (Fasulye)	0.836*				
Uygulamalar	Humik Asit Düzeyleri (ppm)				
	Kontrol	25	50	75	100
Artış (%)	100.00	104.63	106.11	107.79	110.32

Yapılan bütün uygulamalar dikkate alındığında en yüksek saksı kuru madde verimi topraktan humik asit uygulamasında 400 ppm (%16.34) yapratan humik asit uygulamasında 100 ppm (%15.72) uygulamalarından elde edilmiştir. En düşük kuru madde miktarları ise humik asit uygulamasının yapılmadığı kontrol uygulamasında saptanmıştır. Yapılan istatistiki değerlendirmede topraktan uygulamaların saksı kuru madde verimi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz, yapraktan uygulamaların etkisi ise istatistiksel olarak önemli ($p< 0,05$) bulunmuştur. Topraktan uygulamada kontrol uygulamasına göre %4,41 yaprak uygulamasında ise %7.79'luk bir kuru madde artışı belirlenmiştir.

Farklı bitkilerde farklı dozlarda humik asit uygulamalarının yapıldığı birçok çalışmada araştırmamız bulgularıyla paralellik gösteren sonuçlara ulaşılmış, bu çalışmalarda da humik asit uygulama dozundaki artışa paralel olarak kuru madde miktarında kontrole göre artışların olduğu bildirilmiştir (Kaptan ve Aydın; 2012; Öktem ve ark., 2017).

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

3.2. Humik Asit Uygulamalarının Bitkinin Makro ve Mikro Besin Element İçeriğine Etkisi

3.2.1.Topraktan Humik Asit Uygulamalarının Etkisi

Topraktan uygulanan humik asit dozları, fasulye yapraklarının N, K, Mg, Fe, Cu ve Zn içeriklerini istatiksel olarak anlamlı şekilde artırmıştır (Çizelge 4). Özellikle yüksek dozlarda besin elementi alımının belirgin biçimde yükseldiği saptanmıştır.

Çizelge 4. Topraktan Humik Asit Uygulamalarının Fasulye Bitkinin Besin Elemen İçeriğine Etkisi

H.Asit Dozu (ppm)	(%)						(ppm)			
	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn
0	2,42 d	0,35	2,24 c	1,62	0,31 b	0,05	48,15 c	5,16 c	36,92 c	64,87
100	2,59 c	0,38	2,41 bc	1,74	0,41 ab	0,08	54,17 b	5,75 c	38,31 bc	65,03
200	2,77 b	0,38	2,48 b	1,69	0,44 a	0,08	66,39 a	5,91 bc	40,04 b	67,26
300	2,81 ab	0,41	2,50 ab	1,66	0,46 a	0,07	67,07 a	7,26 a	40,37 ab	68,64
400	2,88 a	0,43	2,68 a	1,67	o,43 a	0,07	67,58 a	7,18 ab	42,90a	68,76
LSD(0,01)	0,090**	ns	0,191**	ns	0,073**	ns	1,656**	1,309**	2,582**	ns
Kriter Deg*	5,0-6,0	0,35-0,75	2,25-4,00	1,50-2,50	0,30-1,00	0,05	50-300	5-30	20-200	50-300
H,Asit Dozu (ppm)	Artış (%) (ppm)									
	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn
0	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
100	106,17	108,33	106,67	106,13	125,00	116,67	112,52	111,03	103,77	100,22
200	113,58	108,33	109,78	103,07	134,38	116,67	137,83	114,12	108,45	103,65
300	115,23	111,11	110,67	101,23	140,63	100,00	139,22	140,23	109,35	105,78
400	118,93	116,67	118,67	101,84	131,25	100,00	140,28	138,68	116,20	105,96

Toprağa artan dozlarda humik asit uygulaması, fasulye bitkisinin yaprak besin elementi içeriğini genel olarak artırmıştır, Uygulamalara bağlı olarak yaprakların toplam azot ve potasyum içeriklerinde belirgin artışlar gözlenmiş (%2,42-2,88 ve %2,24-2,68) en yüksek değerler 400 ppm humik asit düzeyinde belirlenmiştir, Fosfor içeriğinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemekle birlikte, artan humik asit dozlarına paralel olarak yaprak fosfor düzeyinde oransal bir yükselme (%0,35-0,43) gerçekleşmiştir,

Humik asit uygulamalarının yaprakların kalsiyum ve sodyum içerikleri üzerine istatistiksel etkisi sınırlı kalmış; buna karşın kalsiyum miktarında kontrole göre artış eğilimi (%1,62-1,74) kaydedilmiştir, Toplam magnezyum içeriği ise uygulamalardan anlamlı düzeyde etkilenmiş ve orta–yüksek dozlarda en yüksek değerlere (%0,31-0,46) ulaşmıştır,

Mikro besin elementleri bakımından humik asit uygulamaları demir, bakır ve çinko içeriklerini önemli düzeyde artırmış; (48,15-67,58 ppm; 5,16-7,26 ppm; 36,92-42,90 ppm) özellikle 300 ve 400 ppm dozları bu elementler açısından en etkili uygulamalar olmuştur, Buna karşılık, bitkinin mangan içeriği (64,87-68,76 ppm) üzerine humik asit uygulamaları itatistiki anlamda bir fark oluşturmamıştır,

3.2.1.Yapraktan Humik Asit Uygulamalarının Etkisi

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Yapraktan yapılan uygulamalarda ise N, P, K, Mg, Fe, Cu, Zn ve Mn içerikleri doz artışına bağlı olarak istatistiksel açıdan önemli ölçüde artmıştır (Çizelge 5), En yüksek mikro besin elementi değerleri 75 ve 100 ppm dozlarında elde edilmiş, bu durum yapraktan uygulamanın besin elementi alımında daha etkili olduğunu göstermiştir,

Çizelge 4, Yapraktan Humik Asit Uygulamalarının Fasulye Bitkinin Besin Element İçeriğine Etkisi

H,Asit Dozu (ppm)	(%)						(ppm)			
	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn
0	2,41 d	0,35 b	2,25 c	1,38	0,31 c	0,05	48,14 e	5,36 c	34,58 d	51,15 d
25	2,63 c	0,37 b	2,48 b	1,62	0,37 b	0,06	54,73 d	5,48 bc	38,49 c	53,73 c
50	2,67bc	0,39 ab	2,57 ab	1,64	0,41 ab	0,06	60,20 c	5,59 abc	40,99 b	55,18 b
75	2,84 a	0,42 a	2,69 a	1,66	0,44 a	0,06	64,18 a	5,77 a	42,05 b	56,28 b
100	2,78 ab	0,47 a	2,74 a	1,68	0,38 ab	0,06	62,33 b	5,68 ab	44,88 a	62,05 a
LSD(0,01)	0,134**	0,046**	0,177**	ns	0,061**	ns	1,365**	0,236**	2,029**	1,678**
Kriter Deg*	5,0-6,0	0,35-0,75	2,25-4,00	1,50-2,50	0,30-1,00	0,05	50-300	5-30	20-200	50-300
H,Asit Dozu (ppm)	Artış (%)									
	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn
0	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
25	109,17	105,56	109,29	117,52	120,00	116,67	113,69	102,24	111,25	105,04
50	110,83	111,11	113,27	118,98	133,33	116,67	125,06	104,30	118,47	107,88
75	117,92	119,44	118,58	120,44	143,33	116,67	133,64	107,64	121,54	110,03
100	115,42	119,44	120,80	121,90	123,33	116,67	129,17	105,97	129,72	121,31

Yapraktan uygulanan humik asit dozlarının artışına bağlı olarak fasulye bitkisi yapraklarının toplam azot, fosfor ve potasyum içeriklerinde artışlar belirlenmiştir, Toplam azot içeriği %2,41 (kontrol) ile %2,84 (75 ppm) arasında değişmiş ve kontrole göre %17,92 oranında artış gerçekleşmiştir, Fosfor içeriği %0,35'dan %0,47'e yükselirken, potasyum içeriğinde daha belirgin bir artış görülmüş ve değerler %2,25–2,74 aralığında gerçekleşmiştir, Özellikle 75 ve 100 ppm humik asit uygulamalarında, kontrole kıyasla fosfor ve potasyum oranlarında artışlar daha belirgin olarak kaydedilmiştir,

Humik asit uygulamalarının yaprakların toplam kalsiyum ve sodyum içerikleri (%1,38-1,68; %0,05-0,06) üzerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi belirlenemezken, toplam magnezyum içeriği uygulamalardan önemli düzeyde etkilenmiştir, Artan dozlara paralel olarak yapraklardaki magnezyum oranı %0,31'den %0,44'e yükselmiş ve en yüksek değer 75 ppm dozunda elde edilmiştir,

Artan dozlarda yapraktan uygulanan humik asit, fasulye bitkisi yapraklarının demir, bakır, mangan ve çinko içeriklerini %1 düzeyinde anlamlı şekilde artırmıştır, Kontrol grubunda en düşük mikro besin elementi değerleri belirlenirken, en yüksek demir ve bakır içerikleri (64,18 ppm; 5,77 ppm) 75 ppm, çinko ve mangan içeriği içerikleri ise (44,88 ppm; 62,05 ppm) 100 ppm humik asit uygulamalarında saptanmıştır, Bu uygulamalarda kontrole göre demir, bakır, çinko ve mangan içeriklerinde sırasıyla yaklaşık %33 %8, %30 ve %21 oranlarında artışlar gerçekleşmiştir,

Araştırma sonucunda bitkide belirlenen bitki besin element içerikleri *Jones vd,, (1991), Bergmann (1992), Mills and Jones (1996), Alpaslan ve ark,, (1998) ve Kacar ve Katkat (2007) tarafından önerilen yeterlilik (kriter) değerleri ile karşılaştırıldığında bitkinin beslenme yönünden (N hariç) herhangi bir sorununun olmadığı görülmüştür.

Elde edilen bulgular, humik asit uygulamalarının bitkisel besin elementi alımını artırarak bitki beslenmesini olumlu yönde etkileyebileceğini ortaya koymakta olup, araştırmamız sonucunda elde edilen bulgular, humik asit uygulamaları ile farklı bitkilerde yapılan benzer çalışmalardan elde edilen sonuçlarla uyum göstermektedir (Kujawinski vd., 2002; Kolsarıcı ve ark., 2005; Başbağ, 2008; Kaptan ve Aydın, 2012; Yazdani vd., 2014; Husein vd., 2015; Esmaili vd., 2016; Selladuraia vd., 2016),

4, SONUÇ VE ÖNERİLER

Verim ve kaliteyi etkileyen en önemli etmenlerden birisi uygulanan kültürel işlemlerdir, Kültürel işlemler içerisinde gübrelemenin önemli bir yeri vardır, Gübreleme yanında toprak organik maddesi bitki besleme ve toprak verimliliğinin korunması ve sürdürülebilirlik açısından son derece önemlidir, Tarımsal üretim sağlıklı toprak ve sağlıklı çevrede gerçekleştirilse üretim ancak bu şekilde sürdürülebilir olabilir. Bu da toprakta organik maddenin varlığında yada organik gübre uygulamaları ile gerçekleştirebilir. Bu bağlamda humik uygulamaları son derece büyük önem taşımaktadır.

Araştırmamızda topraktan ve yapraktan uygulanan humik asit uygulamalarının bitkilerin kuru madde kapsamlarını ve kimi besin elementlerinin alınımlarını arttırdığı belirlenmiş benzer bulgular birçok çalışmada ortaya konmuştur, Bu bakımdan, bitkisel üretimde humik asit kullanımı, tarımda sürdürülebilirliğin sağlanması açısından önemli sonuçlar doğurabilecektir
Bu çalışmada toprağa ve yaprağa artan dozlarda uygulanan humik asidin, fasulye bitkisinin yaprak besin elementi içeriğini genel olarak artırdığı belirlenmiştir, Özellikle azot ve potasyum içeriklerinde doz artışına bağlı olarak belirgin yükselmeler gözlenmiş, fosfor içeriğinde ise istatistiksel anlamlılık olmamakla birlikte artış eğilimi ortaya çıkmıştır,

Humik asit uygulamalarının kalsiyum ve sodyum içerikleri üzerindeki etkisi sınırlı kalırken, magnezyum içeriğinin orta ve yüksek dozlarda anlamlı şekilde artması, humik asidin bazı makro elementlerin alımı üzerinde seçici bir etki oluşturduğunu göstermektedir, Demir, bakır ve çinko içeriklerinde belirlenen artışlar, humik asidin mikro besin elementlerini şelatlayarak bitki tarafından alımını artırabileceğini düşündürmektedir, Elde edilen sonuçlar, humik madde uygulamalarının bitki gelişimi ve beslenmesini olumlu etkilediğini bildiren çalışmalarla uyumludur,

Araştırma sonuçları, humik asit uygulamalarının fasulye bitkisinin beslenme durumunu iyileştirdiğini ve bu etkinin uygulama yöntemi ile doza bağlı olarak değiştiğini ortaya koymuştur, Topraktan uygulamalar özellikle N, K, Mg, Fe, Cu ve Zn alımını artırırken, yapraktan uygulamalar bu elementlere ek olarak P ve Mn alımını da olumlu yönde etkilemiştir, Ege Bölgesi koşullarında ve benzer toprak özelliklerinde, fasulye yetiştiriciliğinde topraktan 400 ppm ve yapraktan 75 ppm humik asit uygulamalarının bitki beslenmesini optimize edebileceği sonucuna varılmıştır, Üreticilerin humik asit gibi doğal kökenli materyalleri uygun

doz ve zamanda kullanmaları, hem toprak verimliliği hem de ürün kalitesi açısından önemli katkılar sağlayacaktır

Yapılacak çalışmalarda ticari organik gübrelere de (humik asit, leonerdit vs) yer verilmesi, üreticilerin organik preparatlara (gübrelere) güveninin sağlaması ve bu gübrelerin teşvik edilmesi açısından oldukça yararlı olacaktır, Araştırma bulgularımız sonucunda hem bitki, hem insan sağlığı ve hem de çevre duyarlılığı açısından organik preparatların (humik asit, fulvik asit) bitkisel üretimde koşulların elverişli olması durumunda tavsiye edilmesi önerilir,

KAYNAKÇA

Açıkgöz, N., Akbaş, M. E., Özcan, K. ve Moghaddam, A.F., *Tarımsal Araştırmaların Değerlendirilmesi İçin Pc Paketi. TARİST*. Tarla Bitkileri Kongresi, 178-192, Bornova-İzmir, 1994.

Benedetti, A., Figliolia, A., Izza, C., CanalI, S., and Rossi, G., *Some Thoughts on the Physiological Effects of Humic Acids. Interactions With Mineral Fertilisers*. Agrochimica. 40 (5-6), 229-240, 1996.

Bingham, F.T., (1949). *Soil test for phosphate*. California Agriculture 3(7), 1114, 1949.

Black, C. A.,*Methods of Soil Analysis, Part 1-2*., American Society of Agronomy, Inc., Publisher. Madison Wisconsin USA, 1152, 1965..

Bouyoucos G.J., *A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of the Soils.* Agron J. 54, 419-434, 1962.

Bremner, J.M., *Total Nitrogen*. Editor: C.A. Black, Methods of Soil Analysis. Part-2. American Society of Agronomy Inc, Publisher. Madison, Wisconsin, USA. pp.1149-1178, 1965.

Caseneva de Sanfilippo, E., Argüello, J.A., Abdala, G., and Orioli, G.A., *Content of Auxin, Inhibitor And Gibberillin-Like Substances in Humic Acids*. Biologia Plantarum 32, 346-351, 1990.

Chen, Y., and Aviad, T., *Effect of Humic Substances on Plant Growth. in Humic Substances in Soil and Crop Science; Selected Readings.* American Society of Agronomy and Soil Science Society of America. Madison, 161-189,1990.

Çelik, H., Katkat, A.V., Aşık, B.B., ve Turan, M.A., *Effects of Soil Applied Humic Substances to Dry Weighta and Mineral Nutrients Uptake of Maize Under Calcareous Soil Conditions*. Arch. Agron. Soil Sci. 54 (6), 605-614, 2008.

Çimrin, K.M., Karaca, S., ve Bozkurt, M.A., *Mısır Bitkisinin Gelişimi Ve Beslenmesi Üzerine Humik Asit Ve N P K Uygulamalarının Etkisi*. Tarım Bilimleri Dergisi 7(2),.95-100, 2001.

Çimrin, K.M., Türkmen, Ö., Turan, M., ve Tuncer, B., *Phosphorus and Humic Acid Application Alleviate Salinity Stress of Pepper Seedling.* African J. Biotec. 9(36), 5845-5851, 2013.

Erdal, İ., Bozkurt, M.A., Çimrin, K.M., Karaca, S., ve Sağlam, M., *Effects of Humic Acid and Phosphorus Applications on Growth and Phosphorus Uptake of Corn Plant (Zea Mays L.) Grown in A Calcareous Soil*. Turkish J. Agric. For. 24, 663-668, 2000.

Demirtaş, E., Öktüren, F., ve Arı, N., *Domatesin Beslenme Durumu, Verimi ve Kalite Özelliklerine Hümik Asitin Etkileri*. Derim, 31 (1), 1-16, 2014.

Gürsoy, M., Nofouzi, F., and Başalma, D., *Humik Asit Uygulama Zamanı ve Dozlarının Kışlık Kolzada Verimv ve Verim Öğelerine Etkileri.* Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 25(2), 131-136, 2016.

Husein, M.E., S. Abou el Hassan, S., and Shahein, M.M., *Effect of Humic, Fulvic Acid and Calcium Foliar Application on Growth and Yield of Tomato Plants.* International Journal of Biosciences, *7 (1), 132-140, 2015.*

Kacar, B., ve İnal, A., *Bitki Analizleri* . Nobel Yayın No:1241, 892, 2008.

Kacar, B., *Plant and Soil Analysis*. Üniversity of Nebrasca College of Agriculture Department of Agronomy, Lincoln, Nebrasca U.S.A. 72, 1962.

Kacar, B., *Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri:II. Bitki Analizleri,* A. Ü. Zir. Fak.Yayınları 453, Uygulama Klavuzu 155, A.Ü. Basımevi, Ankara. s. 646, 1972.

Kaptan, M.A., ve Aydın, M.,*Humik Asidin Pamuk (Gossypium Hirsutum L.) Gelişimi Ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkile*ri. SAÜ Fen Edebiyat Dergisi, 1, 291-299, 2012.

Kunç, Ş. *Humik Asitlerin Tarımda Kullanımı.* Hasad Dergisi, 7, 46-58, 2002.

Kütük, C., Çaycı, G., Baran, A., ve Başkan, O., *Effect Of Humic Acid on Some Soil Properties.* International Symposium on Desertification. Konya, 118-129, 2000.

LIndsay, W.L., and NorvelL, W.A.,*Development of a DTPA Soil Test for Zinc, İron Manganase and Copper.* Soil Sci. Soc. of Amer. Journal, 42, 421-428, 1978.

Loot , W,L., Nerry, J.D., Gallo, J.R. and Medcoff, J.C**., (**1956). *Leaf Analysis Technique in Coffe. Research,* New York, IBEC.Res.Ins.Bulletıon No.9, 127, 1956.

Marschner, H., Mineral Nutrition of Higher Plants. *Academic Press,* London, England, 348, 1995..

Morard, P., Eyheraguibe,l B., Morard, M., and Silvestre, J., *Direct Efects of Humic-Like Substance on Growth, Water and Mineral Nutrition of Various Species*. J. Plant Nutr. 34, 46-59, 2011.

Mtua, A.K., F.Gökmen, F., ve Gezgin, S., *Artan Dozlarda Tki-Hümas Ve Fosfor Uygulamaların Kuru Fasulye (Phaseolus Vulgaris L.) Bitkisinin Gelişimine Etkileri*. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi. 2(2), 27-35, 2016.

Okur, N., Kayıkçıoğlu, H.H., Tunç, G., ve Tüzel, Y., Organik Tarımda Kullanılan Bazı Organik Gübrelerin Topraktaki Mikrobiyal Aktivite Üzerine Etkisi. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergis*i, 44 (2), s.65-80, 2007.

Öktem, A., Çelik., A., ve Öktem, A.G., *Toprağa Humik Asit Uygulamasının Mısır Bitkisinin (Zea Mays L. İndendata) Verim Ve Bazı Verim Karakterleri Üzerine Etkisi*. KSÜ Doğa Bil. Derg., 20 (Özel Sayı), 268-272, 2017.

Özkan, S., *Türk Linyitlerinden Hümik Asit ve Gübre Üretimi*. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Yayınlanmamış), 178, 2007.

Padem, H., and Öcal, A., Effect of *Humic Acid Applications on Yield and Some Characteristics of Processing Tomato*. Acta Horticulturae 487, 159-164, 1999.

Pilanalı, N., ve Kaplan, M., *Çileğin Meyve Rengi İle Farklı Formlarda Uygulanan Humik Asit Ve Toprağın Bazı Bitki Besin Maddesi Kapsamları Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi*. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi, 12(1), 1-5, 2002.

Pinton, R., Cesco, S., Santi, S., Agnolon, F., and Varanini, Z., Water-*Extractable Humic Substances Enhance Iron Deficiency Responses By Fe-Deficient Cucumber* Plants. Plant Soil 210, 145-157, 1999.

Pratt, P.F., *Potassium*. Edit Black, C. A. Methods of Soil Analysis Part-2. American Society of Agronomy Inc. Publisher Madison, Wisconsin, USA, 1010-1022, 1965.

Rıchards, L.A., Dia*gnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. United States Department of Agriculture* Handbook 60-94, 1954.

Schlichting, E., and Blume, H.P., *Bodenkundliches Praktikum.* Verlag Paul Paney, Hamburg und Berlin, 121-125, 1966.

Selladuraia, R., and Purakayastha, T.J., *Effect of Humic Acid Multi-Nutrient Fertilizers on Yield and Nutrient Use Efficiency of Potato.* Journal of Plant Nutrition. 39(7), 949–956, 2016.

Siviero, P., Sandei, L., and Colombi, A., Res*ult of Applying Leonardite and Humic Acids to Processing* tomatoes. Informarore Agrario. 52(3), 57-60, 1996.

Slawin, W., *Atomic Absorbtion Spectroscopy.* Interscience Publisher, New York,29-72,1968.

Stevenson, F.J., *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions*. John Wiley and Sons: Hoboken, NJ, USA, 287, 1994.

Tahir, M.M., Khurshid, M., Khan, M.Z., Abbasi, M.K., and Kazmi, M.H., *Lignite-Derived Humic Acid Effect on Growth of Wheat Plants in Different Soils*. Pedosphere 21(1), 124-131, 2011.

Valdrighi, M.M., Pera, A., Agnolucci, M., Frassinetti, S., Lunardi, D., and Vallini, G., *Effects of Composts Derived Humic Acids on Vegetable Biomass Production Soil System: A Comparative Study Agriculture, Ecosystems and Environment* 58(2-3), 133-144, 1996.

Wang, X.J., Wang, Z.Q., and Li, S.G., *The Effect of Humic Acids on the Availability of Phosphorus Fertilisers in Alkaline Soils.* Soil Use and Management. 11(2), 99-102, 1995.

Yurtsever, N., *Deneysel İstatistik Metodları.* Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Genel Yayın No:121, Teknik Yayın No:56, 128, 1984.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

SİYAH VE BEYAZ ÇELTİK: RENK FARKININ FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL SÜREÇLERDEKİ DURUMU

Yüksek Lisans Öğrencisi Seda ŞAHİN

Düzce Üniversitesi, sedasahin9797@gmail.com- https://orcid.org/ 0000-0001-7123-7417

Doç. Dr. Hülya TORUN

Düzce Üniversitesi, hulyatorun@duzce.edu.tr- https://orcid.org/0000-0002-1118-5130

ÖZET

Çeltik (*Oryza sativa* L., Fam: Poaceae), dünya nüfusunun yarısının temel gıda ürünü olup üretim ve kalite açısından en çok değerlendirilen bitkilerdendir. Aynı zamanda, glütensiz olduğundan sayısız yemek tarifinde de yer almaktadır. İklim değişikliği nedeniyle artan sıcaklık, değişen CO_2 miktarı, kuraklık gibi etkenlerle bitkilerin verim ve kalitesi olumsuz etkilenmektedir. Makro ve mikro elementeler açısından zengin olan çeltiğin besin kalitesi söz konusu abiyotik faktörler etkisi ile azalacağından çeltikle beslenen insanlarda mineral eksikliği ve gizli açlık görülebilecektir. Dolayısıyla, verim ve ürün kalitesi yüksek çeltik çeşitlerine olan gereksinim artmaktadır. Çeltik bitkisi, tane uzunluğu, renk ve aroma olarak çok çeşitlilik gösterir. Çeltiğin rengi çoğunlukla beyaz olsa da kahverengi/esmer, mor, kırmızı ve siyah çeşitleri de bulunmaktadır. Beyaz çeltik uzun yıllardır temel gıda maddesi olarak tüketilse de protein ve biyoaktif bileşik içeriği açısından sınırlıdır. Diğer taraftan, son yıllarda çokça adı duyulmaya başlanılan siyah çeltik, antosiyaninler, fenolik bileşikler ve vitaminler açısından zengin içeriği sayesinde fonksiyonel bir tahıl olarak öne çıkmaktadır. Beyaz çeltiğe kıyasla siyah çeltik, 4 kat daha fazla lif ve ayrıca arabinoksilan ve β-glukan gibi pek çok besin maddesi içermektedir. Ancak siyah çeltiğin üretimi hâlâ sınırlı olup besin değeri ve sağlık üzerindeki potansiyeli nedeniyle daha çok çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca, her iki çeşit de farklı tarımsal ekosistemlerde yetiştirilebildiğinden çevresel koşullara karşı farklı tolerans sergilemektedirler. Tarımsal üretim açısından bu durum, çeşitlerin yetiştirme stratejileri ve stres koşullarına adaptasyon yeteneklerinin anlaşılmasını önemle gündeme getirmektedir. Bu çalışmada, literatür verilerinden yola çıkarak, siyah ve beyaz çeltiğin karakteristik özellikleri üzerinde durularak aralarındaki fizyolojik ve biyokimyasal farklılıkların tarımsal ve besin potansiyeli açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, elde edilen bulguların hem üretim stratejilerinin geliştirilmesine hem de fonksiyonel gıdaların tasarlanmasına katkı sağlaması hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Oryza sativa*, beyaz çeltik, siyah çeltik, sürdürülebilir tarım

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

BLACK AND WHITE RICE: THE ROLE OF COLOR DIFFERENCE IN PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PROCESSES

Master Student Seda ŞAHİN

Düzce University, sedasahin9797@gmail.com- https://orcid.org/ 0000-0001-7123-7417

Assoc. Prof. Dr. Hülya TORUN

Düzce University, hulyatorun@duzce.edu.tr- https://orcid.org/0000-0002-1118-5130

ABSTRACT

Rice (*Oryza sativa* L., Fam: Poaceae) is the staple food product for half of the world's population and is one of the most valued crops in terms of production and quality. It is also gluten-free, making it a staple in countless recipes. Factors such as rising temperatures, changing CO_2 levels, and drought due to climate change negatively affect plant yield and quality. As the nutritional quality of rice, which is rich in macro and microelements, will decrease due to the effects of these abiotic factors, mineral deficiencies and hidden hunger may be observed in people who consume rice. Therefore, there is an increasing need for rice varieties with high yield and product quality. The rice plant shows great diversity in grain length, color, and aroma. Although rice is mostly white in color, there are also brown/beige, purple, red, and black varieties. Although white rice has been consumed as a staple food for many years, it is limited in terms of protein and bioactive compound content. On the other hand, black rice, which has become widely known in recent years, stands out as a functional grain thanks to its rich content of anthocyanins, phenolic compounds, and vitamins. Compared to white rice, black rice contains four times more fiber and also contains many nutrients such as arabinoxylan and *β*-glucan. However, the production of black rice is still limited, and more research is needed due to its nutritional value and potential health benefits. Furthermore, since both varieties can be grown in different agricultural ecosystems, they exhibit different tolerances to environmental conditions. In terms of agricultural production, this situation highlights the importance of understanding the cultivation strategies and stress adaptation abilities of these varieties. In this study, based on literature data, the aim is to evaluate the physiological and biochemical differences between black and white sorghum in terms of their agricultural and nutritional potential, focusing on their characteristic features. In this regard, it is aimed that the findings will contribute to both the development of production strategies and the design of functional foods.

Keywords: *Oryza sativa*, black rice, white rice, sustainable agriculture

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

1. GİRİŞ

Çeltik (*Oryza sativa* L.), dünya genelinde yaklaşık 158 milyon hektarlık ekim alanıyla buğday ve mısırdan sonra yetiştirilen en yaygın tahıldır (Singh vd., 2024). *Oryza* cinsi, 22'si yabani olmak üzere 24 tür içermekte olup Asya çeltiği (*Oryza sativa* L.) ve Afrika çeltiği (*Oryza glaberrima* Steud.) kültüre alınan iki türdür (Mohidem vd., 2022). Buğdaygiller (Poaceae) familyasına ait olan çeltik, kabuğundan ayrılmış haliyle pirinç olarak tüketilmektedir. Artan dünya nüfusuna bağlı olarak talebin yükselmesi pirincin küresel ölçekteki önemini daha da arttırmıştır (Wu vd., 2019; Özçelebi ve Yılmaz, 2020). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO, 2024) verilerine göre çeltik, dünya tahıl üretiminin yaklaşık %8'ini oluşturmaktadır. Mikro besin öğeleri, vitaminler ve temel amino asitler açısından zengin bir tahıl olan çeltik hem su altında hem de yüksek rakımlı alanlarda yetiştirilebilmektedir (Wang vd., 2020). Genel olarak yetiştiriciliği ova ve yayla olmak üzere iki ekosistemde yapılmaktadır. İyi drene edilmiş, eğimli arazilerde su birikimi olmadan yetiştirilen çeşitler yayla çeltiği (ya da aerobik pirinç) olarak adlandırılırken; büyüme döneminin büyük kısmında suyla kaplı düz arazilerde yetiştirilenler ise sulu çeltik olarak bilinmektedir (Song vd., 2018; Esmaeilzadeh-Moridani vd., 2022). Çeltik bitkisi, tane uzunluğu, renk ve aroma bakımından çok çeşitlilik gösterir. Çeltik rengi çoğunlukla beyaz olsa da kahverengi/esmer, mor, kırmızı ve siyah çeşitleri de bulunmaktadır. Pigmentli çeşitler içerisinde siyah çeltik, son yıllarda giderek artan bir ilgi görmektedir (Putri & Ismoyowati, 2020). Siyah çeltik, tane kabuğunda biriken antosiyaninler sayesinde yüksek antioksidan kapasiteye sahip, besin değeri yüksek fonksiyonel bir tahıldır (Parjanto vd., 2021). Özellikle Çin ve Endonezya'da yetiştirilen özgün bir çeşittir ve geçmişte yalnızca Çin kraliyet ailesince tüketildiği için 'yasak pirinç' olarak adlandırılmıştır. (Dewi vd., 2020). Günümüzde üretimi ve erişilebilirliği hâlâ sınırlı olmakla birlikte, amino asitler, mineraller, fenolik ve flavonoid bileşikler ile α-tokoferol, γ-tokoferol, γ-orizanol gibi vitaminler ve çeşitli biyoaktif maddeler açısından zengin bir kaynaktır (Das vd., 2023). Ayrıca, beyaz çeltiğe kıyasla yüksek düzeyde serbest ve bağlı fenolik bileşiklerle antioksidan maddeler içerdiği, özellikle *p*-kumarik, ferulik ve vanilik asit bakımından öne çıktığı rapor edilmiştir (Pang vd., 2018).

Literatür taramaları, siyah ve beyaz çeltik çeşitlerini birlikte ele alan kapsamlı çalışmaların oldukça sınırlı olduğunu; mevcut araştırmaların ise çoğunlukla belirli özelliklerin karşılaştırılmasıyla kısıtlı kaldığını ve çoğunun güncelliğini yitirdiğini göstermektedir. Bu nedenle, bu çalışmanın amacı siyah ve beyaz çeltik çeşitlerinin morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerini karşılaştırarak aralarındaki farklılıkları ortaya koymak ve bu çeşitlerin tarımsal ile besinsel potansiyellerine dair literatürdeki bilgileri bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirmektir.

2. FİZYOLOJİK, BİYOKİMSAYAL ÖZELLİKLER VE BESİN BİLEŞENLERİ

Siyah çeltik, yüksek besin değeri ve zengin biyoaktif bileşik içeriğiyle dikkat çeken özgün bir çeltik çeşididir. Özellikle Çin ve Endonezya'da yetiştirilen bu çeşit, küresel üretimin yalnızca %0,1'ini oluşturmakta olup, sınırlı tanınırlığı, düşük verim potansiyeli ve tüketicilerin beyaz pirince olan eğilimi nedeniyle yaygınlaşmamıştır (Ito & Lacerda, 2019; Dewi vd., 2020; Kumar

vd., 2020). Siyah çeltiğin karakteristik koyu rengi, başlıca antosiyanin türevleri olan siyanidin-3-glukozit, peonidin-3-glukozit, siyanidin-3,5-diglukozit ve siyanidin-3-rutinozitten kaynaklanmaktadır (Zong vd., 2019). Bu antosiyaninlerin güçlü antioksidan özellikleri bilinmekle birlikte, sentez ve düzenlenme mekanizmaları üzerine daha ayrıntılı araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır (Tai & Huang, 2021). Antosiyaninlerin yanı sıra siyah çeltik; fenolik bileşikler, flavonoidler, γ-orizanol, β-glukan, diyet lif, vitaminler, yağ asitleri ve mineraller gibi birçok biyoaktif bileşiği bünyesinde barındırmaktadır (Rahim vd., 2022; Mbanjo vd., 2020). Bu bileşenler, siyah çeltiğe antioksidan, antiinflamatuar ve obeziteyi önleyici özellikler kazandırmakta ve onu sağlığı destekleyen değerli bir fonksiyonel gıda haline getirmektedir (Cañizares vd., 2024). Yapılan çalışmalar, siyah çeltiğin serbest radikalleri etkili biçimde gidererek oksidatif stresi azalttığını; ayrıca iltihaplanmayı baskılama, detoksifikasyonu destekleme, bazı kanser türlerinin gelişimini önleme ve LDL/HDL dengesini düzenleyerek kardiyovasküler sağlığı koruma gibi çeşitli fizyolojik faydalar sağladığını göstermektedir (Mapoung vd., 2023; Prasad vd., 2019).

Son yıllarda yapılan araştırmalar, siyah çeltiğin beyaz çeltiğe kıyasla çok daha yüksek düzeyde fenolik bileşik ve antioksidan kapasiteye sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Fenolik bileşik profili genotipler arasında farklılık göstermekte olup, bu farklılıkların büyük ölçüde genetik faktörlerden kaynaklandığı bildirilmektedir (Brunet-Loredo vd., 2023). Özellikle *p*-kumarik, ferulik ve vanilik asit bakımından zengin olan siyah çeltik, beyaz çeltiğe göre belirgin biçimde fazla miktarda serbest ve bağlı fenolik bileşik içermektedir (Pang vd., 2018). Bu özellikleri sayesinde siyah çeltik, beyaz çeltiğe göre daha güçlü bir antioksidan kapasiteye sahiptir (Verma & Srivastav, 2020). Stres koşullarında yetiştirilen siyah çeltik bitkilerinde antosiyanin ve flavonoid birikiminin artması, stres toleransının gelişmesine katkı sağlamaktadır (Napar vd., 2022). Ancak, fosfor eksikliğine karşı daha duyarlı olduğu ve bu koşullarda beyaz çeltiğe kıyasla daha düşük tane verimi gösterdiği bildirilmiştir (Oo vd., 2023). Benzer şekilde, aynı azot düzeylerinde yetiştirilen siyah çeltiğin beyaz çeltiğe göre daha düşük azot, şeker ve nişasta içeriğine sahip olduğu da saptanmıştır (Ton-ogan & Bañoc, 2022). Siyah ve beyaz çeltik arasındaki transkripsiyonel farklılıkları inceleyen çalışmalar, perikarp düzeyinde genetik farklılıklar bulunduğunu ve vitamin çeşitliliği ile biyosentetik yollar bakımından belirgin ayrışmalar olduğunu göstermiştir (Zhou vd., 2022). Bazı araştırmalar, siyah ve beyaz çeltik çeşitlerinin verim stabilitesi açısından benzer eğilimler göstermekle birlikte çevresel koşullara verdikleri tepkiler bakımından farklılık sergilediğini ortaya koymaktadır (Nassanga vd., 2025).

Beyaz çeltik genotipleri, kuraklık, tuzluluk ve yüksek sıcaklık gibi abiyotik streslere karşı sınırlı tolerans sergilemekte; bu durum büyüme performansı ve verim üzerinde belirgin düşüşlere yol açmaktadır (Kadam vd., 2024). Öğütülmüş beyaz pirinç genellikle %75–78 nişasta ve %5–8 protein içerirken, kepek kısmında bu oran %10–15 düzeyine ulaşmaktadır (Bagchi vd., 2020). Her ne kadar temel bir gıda olarak yaygın tüketilse de beyaz çeltik protein ve mikro besin içeriği bakımından sınırlıdır ve besin yetersizliklerini tek başına gidermede yetersiz kalmaktadır (Jukanti vd., 2025). Çeltik genel olarak protein, tiamin, riboflavin, niasin, demir (Fe) ve çinko (Zn) gibi temel mikro besin öğelerinin önemli bir kaynağıdır (Ali & Wani, 2021; Mohidem vd., 2022). Ancak işleme süreci sonrasında, pirinç tanelerinin Fe ve Zn içeriklerinin belirgin biçimde azaldığı çeşitli araştırmalarla ortaya konmuştur (Bollinedi vd., 2020). Buna karşın, siyah çeltik

sahip olduğu yüksek protein, antosiyanin ve fenolik bileşik içeriğiyle besin değerini artırmada önemli bir alternatif olarak değerlendirilmektedir.

Literatürde siyah çeltik üzerine yapılan çalışmaların çoğunlukla besin içeriği, antioksidan kapasitesi ve sağlık üzerindeki etkilerine odaklandığı, buna karşın tarımsal özellikleri ve yetiştirme koşullarına ilişkin araştırmaların oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Bu nedenle, siyah pirincin verim, adaptasyon ve stres koşullarına tepkilerini ele alan tarımsal çalışmaların artırılması büyük önem taşımaktadır.

3. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Mevcut çalışmalar, siyah çeltiğin besin bileşimi, biyokimyasal içeriği ve stres koşullarına verdiği fizyolojik tepkiler bakımından beyaz çeltikten önemli ölçüde ayrıldığını ortaya koymaktadır. Özellikle yüksek antosiyanin, fenolik bileşik ve flavonoid miktarları, siyah çeltiğe belirgin bir antioksidan kapasite kazandırmaktadır. Dolayısıyla bu özellik siyah çeltiği hem insan sağlığını destekleyen fonksiyonel bir gıda hem de stres koşullarına karşı daha dayanıklı bir bitki materyali olarak öne çıkarmaktadır. Bununla birlikte, fosfor ve azot eksikliği gibi besin streslerine karşı duyarlılığının yüksek olması ve verim potansiyelinin sınırlı kalması, siyah çeltiğin tarımsal üretim açısından geliştirilmesi gereken yönlerine işaret etmektedir. Gelecekte yürütülecek araştırmalarda, siyah çeltiğin yüksek besin değerini korurken verim ve stres toleransını artıracak genetik ve agronomik iyileştirmelere odaklanılması gerekmektedir. Literatürde, siyah ve beyaz çeltiğin fizyolojik ve biyokimyasal olarak karşılaştırmalı olarak incelendiği çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu bağlamda, çalışmaların artması, çeltik genotipleri arasındaki farklılıkların daha iyi anlaşılmasını sağlamaya yardımcı olacaktır. Bununla beraber, biyokimyasal ve moleküler farklılıkların ortaya konması çeltik bitkisi için hem sürdürülebilir üretim hem de gıda güvenliği açısından değerli bilgiler sunacaktır.

KAYNAKÇA

Ali, J., & Wani, S. H. (2021). Rice improvement: Physiological, molecular breeding and genetic perspectives, 498. Springer Nature.

Bagchi, T.B., Chattopadhyay, K., Sarkar, S., Sanghamitra, P., Kumar, A., Basak, N., Sivashankari M., Priyadarsini., & Pathak, H. (2020). Rice products and their nutritional status. Res. Bull, 23.

Bollinedi, H., Yadav, A.K., Vinod, K.K., Gopala Krishnan, S., Bhowmick, P.K., Nagarajan, M., Neeraja, C.N., Ellur, R.K., & Singh, A.K. (2020). Genome-wide association study reveals novel marker-trait associations (MTAs) governing the localization of Fe and Zn in the rice grain. Frontiers in Genetics, 11, 213.

Brunet-Loredo, A., López-Belchí, M.D., Cordero-Lara, K., Noriega, F., Cabeza, R.A., Fischer, S., Careaga, P., & Garriga, M. (2023). Assessing grain quality changes in white and black rice under water deficit. Plants, 12(24), 4091.

Cañizares, L., Meza, S., Peres, B., Rodrigues, L., Jappe, S. N., Coradi, P.C., & Oliveira, M.D. (2024). Functional foods from black rice (*Oryza sativa* L.): An overview of the influence of drying, storage, and processing on bioactive molecules and health-promoting effects. Foods, 13(7), 1088.

Das, M., Dash, U., Mahanand, S.S., Nayak, P.K., & Kesavan, R.K. (2023). Black rice: A comprehensive review on its bioactive compounds, potential health benefits and food applications. Food Chemistry Advances, 3, 100462.

Dewi, I.S., Suhartini, T., Risliawati, A., Azmi, Y., & Purwoko, B.S. (2020). Agronomic performance of several doubled-haploid lines derived from anther culture of black rice × white rice. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 482(1), 012025.

Esmaeilzadeh-Moridani, M., Esfahani, M., Aalami, A., Moumeni, A., & Khaledian, M. (2022). Profiling the physiological response of upland and lowland rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to water deficit. Journal of Crop Science and Biotechnology, 25(3), 289-300.

Ito, V.C., & Lacerda, L.G. (2019). Black rice (*Oryza sativa* L.): A review of its historical aspects, chemical composition, nutritional and functional properties, and applications and processing technologies. Food Chemistry, 301, 125304.

Jukanti, A.K., Karapati, D., Bharali, V., Gudla, M., Thati, S., Yadla, S., Kumar, M., & Sundaram, R.M. (2025). From gene to plate: Molecular insights into and health implications of rice (*Oryza sativa* L.) grain protein. International Journal of Molecular Sciences, 26(7), 3163.

Kadam, S., Choudhary, P., Cheulkar, D., Singh, R., Sawardekar, S., & Barage, S. (2024). Identification and characterization of abiotic stress-tolerant genes in rice (*Oryza sativa* L.): a computational approach. Journal of Plant Diseases and Protection, 131(3), 1021-1042.

Kumar, S., Bhushan, B., Wakchaure, G.C., Meena, K.K., Kumar, M., Meena, N.L., & Rane, J. (2020). Plant phenolics under water-deficit conditions: biosynthesis, accumulation, and physiological roles in water stress alleviation. In Plant Phenolics in Sustainable Agriculture, 451-465. Singapore: Springer Singapore.

Mapoung, S., Semmarath, W., Arjsri, P., Thippraphan, P., Srisawad, K., Umsumarng, S., Phromnoi, K., Jamjod, S., Thai, C.P., & Dejkriengkraikul, P. (2023). Comparative analysis of bioactive-phytochemical characteristics, antioxidants activities, and anti-inflammatory properties of selected black rice germ and bran (*Oryza sativa* L.) varieties. European Food Research and Technology, 249(2), 451-464.

Mbanjo, E.G.N., Kretzschmar, T., Jones, H., Ereful, N., Blanchard, C., Boyd, L.A., & Sreenivasulu, N. (2020). The genetic basis and nutritional benefits of pigmented rice grain. Frontiers in Genetics, 11, 229.

Mohidem, N.A., Hashim, N., Shamsudin, R., & Che Man, H. (2022). Rice for food security: Revisiting its production, diversity, rice milling process and nutrient content. Agriculture, 12(6), 741.

Nassanga, N., Obua, T., Adjei, E.A., Nayiga, B., & Lamo, J. (2025). Exploring Genotype by Environment Interactions for Yield and Agronomic Trait Correlations in Black and White Rice Genotypes in Uganda. International Journal of Agronomy, 2025(1), 6362607.

Oo, A.Z., Asai, H., Kawamura, K., Marui, J., Nakahara, K., Takai, T., Saito, H., Win, K.H., & Pariasca-Tanaka, J. (2023). Optimizing phosphorus management to increase grain yield and nutritional quality while reducing phytic acid concentration in black rice (*Oryza sativa* L.). Frontiers in Sustainable Food Systems, 7, 1200453.

Özçelebi, M. A., & Yılmaz, C. (2020). Samsun'da çeltik üretimi ve pirinç imalat sanayi. Kesit Akademi Dergisi, 6(24), 324-349.

Pang, Y., Ahmed, S., Xu, Y., Beta, T., Zhu, Z., Shao, Y., & Bao, J. (2018). Bound phenolic compounds and antioxidant properties of whole grain and bran of white, red and black rice. Food Chemistry, *240*, 212-221.

Parjanto, U.S., Handoyo, T., & Yunus, A. (2021). Anthocyanin content in some black rice cultivars, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 709, 012076.

Prasad, B.J., Sharavanan, P.S., & Sivaraj, R. (2019). RETRACTED: Health benefits of black rice–A review. Grain & Oil Science and Technology, 2(4), 109-113.

Putri, Y.R., & Ismoyowati, D. (2020). Marketing strategy development for Yogyakarta local black rice. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 425(1), 012028.

Rahim, M.A., Umar, M., Habib, A., Imran, M., Khalid, W., Lima, C.M.G., Shoukat, A., Nizwa, I., Nazir, A., Ejaz A., Zafar, A., Awuchi, C.G., Sharma, R., Santana, F.R., & Emran, T.B. (2022). Photochemistry, functional properties, food applications, and health prospective of black rice. Journal of Chemistry, 2022(1), 2755084.

Singh, G., Kaur, N., Khanna, R., Kaur, R., Gudi, S., Kaur, R., Sidhu, N., Yogesh, V., & Mangat, G.S. (2024). 2Gs and plant architecture: breaking grain yield ceiling through breeding approaches for next wave of revolution in rice (*Oryza sativa* L.). Critical Reviews in Biotechnology, 44(1), 139-162.

Song, T., Xu, F., Yuan, W., Zhang, Y., Liu, T., Chen, M., Hu, Q., Tian, Y., Xu, W., & Zhang, J. (2018). Comparison on physiological adaptation and phosphorus use efficiency of upland rice and lowland rice under alternate wetting and drying irrigation. Plant Growth Regulation, 86(2), 195-210.

Tai, L., & Huang, G. (2021). Extraction and properties of black rice pigment. Pharmaceutical Chemistry Journal, 54(10), 1051-1056.

Ton-ogan, M., & Bañoc, D.M. (2022). Nutrient analysis and sensory qualities of black, red, and white rice (*Oryza sativa* L.) cultivars grown under different nutrient management in strongly alkaline soil. SVU-International Journal of Agricultural Sciences, 4(1), 1-11.

Verma, D.K., & Srivastav, P.P. (2020). Bioactive compounds of rice (*Oryza sativa* L.): Review on paradigm and its potential benefit in human health. Trends in Food Science & Technology, 97, 355-365.

Wang, P., Yamaji, N., Inoue, K., Mochida, K., & Ma, J.F. (2020). Plastic transport systems of rice for mineral elements in response to diverse soil environmental changes. New Phytologist, 226(1), 156-169.

World Food and Agriculture–Statistical Yearbook (2024). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, Italy: FAO, 2024, 384.

Wu, C., Tang, S., Li, G., Wang, S., Fahad, S., & Ding, Y. (2019). Roles of phytohormone changes in the grain yield of rice plants exposed to heat: a review. PeerJ, 7, e7792.

Wu, N.N., Li, R., Li, Z.J., & Tan, B. (2022). Effect of germination in the form of paddy rice and brown rice on their phytic acid, GABA, γ-oryzanol, phenolics, flavonoids and antioxidant capacity. Food Research International, 159, 111603.

Zhou, Z., Li, H., Wei, R., Li, D., Lu, W., Weng, Z., Yang, Z., Guo, Y., Lin, Y., & Chen, H. (2022). RNA-seq reveals transcriptional differences in anthocyanin and vitamin biosynthetic pathways between black and white rice. Gene, 844, 146845.

Zong, D., Zhou, A., Zhang, Y., Zou, X., Li, D., Duan, A., & He, C. (2019). Characterization of the complete chloroplast genomes of five Populus species from the western Sichuan plateau, southwest China: Comparative and phylogenetic analyses. PeerJ, 7, e6386.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

TUNING PID PARAMETERS USING DEEP Q-NETWORK FOR TRAJECTORY TRACKING OF MOBILE ROBOTS

Şahin YILDIRIM

Erciyes University, sahiny@erciyes.edu.tr - ORCID ID:0000-0002-7149-3274

Mehmet Safa BİNGÖL

Nigde Omer Halisdemir University, msbingol@ohu.edu.tr -ORCID ID:0000-0002-4188-2025

Sertaç SAVAŞ

Erciyes University, sertacsavas@erciyes.edu.tr - ORCID ID: 0000-0001-8096-1140

ABSTRACT

Mobile robots are robotic systems that can move around their environment using components such as wheels or pallets. Mobile robots have advantages such as being able to quickly adapt to different environments, increasing efficiency by reducing the necessary human labor, and preventing safety issues by being used in dangerous tasks. These features make it suitable for use in many different fields, including industry, agriculture, defense, and the service sector. In this study, tuning of PID controller parameters for trajectory tracking of mobile robots is performed using the Deep Q-Network (DQN) algorithm, one of the reinforcement learning methods. Traditional PID tuning methods often struggle to achieve optimal performance due to their sensitivity to system parameters and operating conditions. In order to address this challenge, the DQN algorithm, capable of model free learning, is employed to automatically optimize PID gain parameters (Kp, Ki, Kd). A mobile robot model with a wheelbase of 0.5 m is utilized, and performance evaluation is conducted on three different reference trajectories. The DQN algorithm determines optimal PID parameters that minimize tracking error through a training process of 50 episodes. Experimental results demonstrate that the DQN-PID approach exhibits successful trajectory tracking performance across all three trajectory types. Satisfactory results are also obtained in terms of control signal smoothness and energy efficiency. The main advantages of the proposed method include model-free learning, adaptation capability to different trajectory types, and elimination of manual tuning requirements. The results indicate that DQN-based PID optimization provides an effective solution for mobile robot applications and can be implemented in industrial environments.

Keywords: Deep Q-Network, Mobile robot, PID control, Reinforcement learning.

1. INTRODUCTION

Mobile robots are robotic systems capable of moving within their environment. Mobile robots are used in many different fields such as industry, agriculture, the service sector, and defense. These systems offer advantages such as increasing efficiency by reducing the need for human labor, preventing safety issues by being used in hazardous tasks, and quickly adapting to

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

different environments. Mobile robots, in particular, have become a popular choice due to their kinematically simple structures and high maneuverability [1-3].

In trajectory tracking control, Proportional-Integral-Derivative (PID) controllers are commonly used to minimize the system's position and velocity errors. However, in traditional PID control methods, manually optimizing control parameters is often time consuming, and sensitivity to variations in system parameters is also a significant disadvantage. At this point, artificial intelligence-based methods, particularly deep reinforcement learning algorithms, offer significant advantages [4].

In recent years, the Deep Q-Network (DQN) algorithm has been increasingly used in mobile robot control due to its model free learning capability and effective performance in complex learning environments. The DQN algorithm is a reinforcement learning approach that combines the Q-learning method with deep learning [5-7]. In particular, the real time and automatic learning of PID parameters in nonlinear and dynamic systems is possible with this algorithm.

Wang et al. proposed a reinforcement learning based PID control method to enhance the adaptability of autonomous surface vehicles operating in dynamic ocean conditions with intense wave and wind effects [8]. For this purpose, they used deep deterministic policy gradient (DDPG), one of the reinforcement learning methods. The accuracy of the proposed method has been demonstrated through simulation results, and its applicability has been proven through experimental studies. Shahouni et al. proposed an innovative adaptive nonlinear fractional order PID (FOPID) tuning methodology for a flow meter controller at a desalination plant [9]. For this purpose, they suggested a novel method based on hybrid particle swarm optimization (PSO) with a dynamic weighting mechanism and DQN. The results demonstrated superior performance compared to traditional methods and advanced techniques such as genetic algorithms (GA), fuzzy logic controller (FLC), neural network-based PID (NN-PID), and PSO. Wang et al. proposed a new DQN-PID based method to improve image based visual servo (IBVS) control in a 6 degree of freedom robotic arm that tracks moving objects [10]. The proposed method dynamically adjusts PID parameters using DQN to reduce feature loss and high steady state error encountered in classical IBVS. Experimental results demonstrate that the method provides higher accuracy, more stable tracking, and better generalization compared to existing methods. Omran et al. used the DQN-PID method to minimize idle speed fluctuations and the response time and accuracy of the throttle control mechanism [11]. The results showed that the proposed method was successful in reducing idle speed fluctuations and improving engine performance.

In this study, the PID parameters of the differential-driven mobile robot were tuned using the DQN reinforcement learning algorithm. The trajectory tracking performance was evaluated on three different reference trajectories using the obtained optimal PID parameters. The optimized PID parameters using the DQN algorithm achieved successful results on all trajectories. The integration of such methods into industrial applications has the potential to increase automation levels and efficiency by eliminating the need for manual adjustments. Therefore, DQN based PID parameter optimization is considered a powerful solution for future mobile robot applications.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Kinematic Model of the Mobile Robot

The relationship between the wheel angular velocities of a mobile robot and its physical position in the workspace is described by its kinematic model [12]. In this framework, the robot's motion is typically examined under two main headings: the first is the representation of position and velocity with respect to a global coordinate frame defined in the workspace, and the second is the relationship between the robot body velocities and the wheel velocities. The robot's position and heading with respect to the global coordinate frame change continuously over time, and this change is a function of the instantaneous linear velocity and heading angle. Accordingly, these relationships define the kinematic equations of the robot:

$$\dot{x} = v \cos(\theta) \tag{1}$$

$$\dot{y} = v \sin(\theta) \tag{2}$$

$$\dot{\theta} = \omega \tag{3}$$

In these equations, x and y denote the position of the mobile robot in the global coordinate frame, θ denotes the heading angle, v is the linear velocity, and ω is the angular velocity. If ω is positive, the robot turns to the left (counterclockwise), and if it is negative, the robot turns to the right (clockwise).

The robot's body linear velocity v and its angular velocity ω about its own vertical axis are determined by the combination of the tangential velocities of the right and left wheels. In odometry (position estimation), the velocity components of both wheels are transformed into the body velocities of the robot. Accordingly, the linear velocity v is the average of the right (v_R) and left (v_L) wheel velocities, while the angular velocity $\omega$is defined as the ratio of the velocity difference between the two wheels to the distance Lbetween them.

$$v = \frac{v_R + v_L}{2} \tag{4}$$

$$\omega = \frac{v_R - v_L}{L} \tag{5}$$

For the control of the mobile robot, when the desired body velocities (v, ω) are specified, the corresponding wheel velocities must be computed in order to drive the motors. The inverse kinematic equations used for this purpose are given as:

$$v_R = v + \frac{L}{2}\,\omega \tag{6}$$

$$v_L = v - \frac{L}{2}\,\omega \tag{7}$$

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

2.2. Deep Q Learning (DQN) Algorithm

DQN is a combination of reinforcement learning methods, specifically Q-learning, with deep neural networks. It has the ability to learn effective control policies in high dimensional state spaces [13, 14]. The DQN algorithm approximates the Q-value function as Q(s, a, w) using a deep neural network instead of the Q-table used in classical Q-learning. Here, s denotes the state, a denotes the action, and w denotes the network parameters [11, 15]. The algorithm's fundamental working principle is based on the Bellman equation derived from dynamic programming. This equation is given in Equation 8.

$$Q(s_t, a_t) \leftarrow Q(s_t, a_t) + \alpha \left[r_{t+1} + \gamma \max_{a'} Q(s_{t+1}, a') - Q(s_t, a_t) \right] \tag{8}$$

Equation 1 represents the learning rate α, the discount factor γ, and the reward r_{t+1}. DQN has two fundamental differences from classical Q-learning. These can be described as the experience replay mechanism and the target network structure [6]. The experience replay mechanism stores the transition information (s_t, a_t, r_t, s_{t+1}) obtained as a result of the agent's interactions with the environment in a replay buffer and, during training, samples random mini-batches from this memory to reduce data correlation and increase training stability. The target network structure calculates target Q-values using a fixed weight network updated at specific intervals independently of the main Q-network. Thereby solving the moving target problem during training. The loss function is defined as the difference between the target Q-value and the predicted Q-value [16-17].

In this study, the mean absolute error (MAE), root mean square error (RMSE), maximum error, and integral absolute error (IAE) performance metrics were used. MAE defines the arithmetic mean of the absolute values of errors. The calculation method for MAE is given in Equation 9. RMSE is defined as the square root of the average of the squares of the errors. The calculation method for RMSE is given in Equation 10. Maximum error indicates the worst case performance of the system and is defined as in Equation 11. IAE represents the total of the absolute value of the error over time and is defined as in Equation 12.

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} |y_i - \hat{y}_i| \tag{9}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} (y_i - \hat{y}_i)^2} \tag{10}$$

$$Max.Error = \max_{i=1,\dots,N} |y_i - \hat{y}_i| \tag{11}$$

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

$$IAE = \int_0^T |e(t)|dt = \sum_{i=1}^{N} |y_i - \hat{y}_i| \quad (12)$$

In the equations, y_i represents the actual value, $\hat{y}_i$ represents the estimated value, and N represents the sample size.

3. SIMULATION RESULTS

The mobile robot used in this study has two active and one passive wheel. The distance between the wheels is 50 cm, the maximum speed is 2 m/s, and the maximum angular velocity is 1 rad/s. The PID parameters of the designed mobile robot were tuned using the DQN algorithm, and only a circular trajectory was used for training. The test process was performed on three different trajectories: circular, lemniscate, and spiral. In the training process of the DQN algorithm, the maximum episode value was set to 50, the maximum step value to 300, the discount factor to 0.99, and the learning rate to 0.001. DQN defined the negative value of IAE as the reward function. In other words, while DQN attempts to maximize the reward value, it actually minimizes the IAE value.

The results obtained from the study were evaluated in terms of MAE, RMSE, maximum error, and IAE performance metrics. The trajectory tracking performance for the circular trajectory is shown in Figure 1, the trajectory tracking performance for the lemniscate trajectory is shown in Figure 2, and the trajectory tracking performance for the spiral trajectory is shown in Figure 3. The performance results for the trajectories are presented in Table 1.

Table 1. Performance results for the trajectories

Trajectory	MAE	RMSE	Max. Error	IAE
Circular	0.4078	0.4172	0.6661	12.2763
Lemniscate	0.6782	0.7095	1.1686	20.4158
Spiral	0.2504	0.3216	0.7731	7.5359

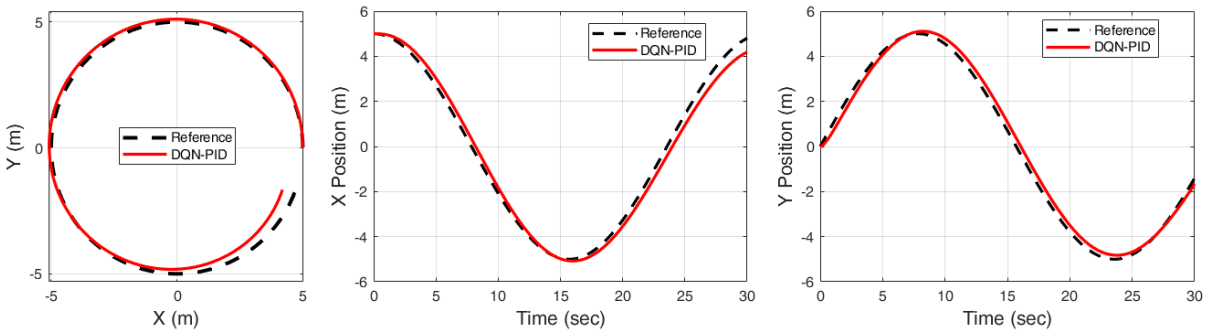


Figure 1. Trajectory tracking performance for circular trajectory

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

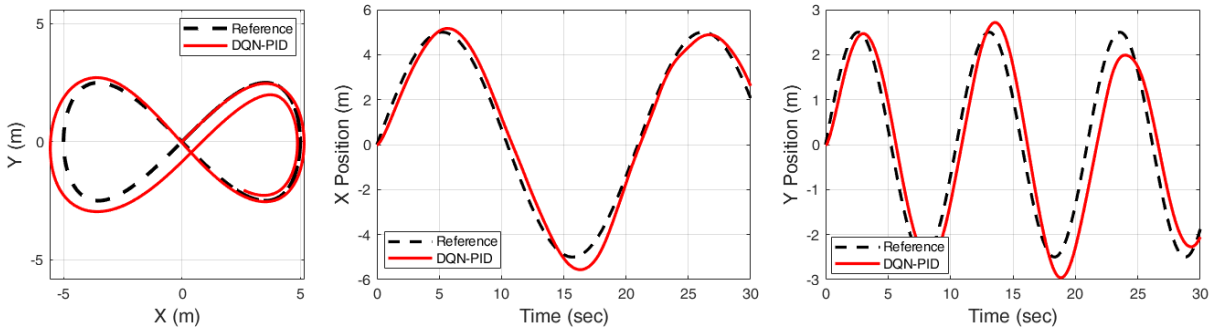


Figure 2. Trajectory tracking performance for lemniscate trajectory

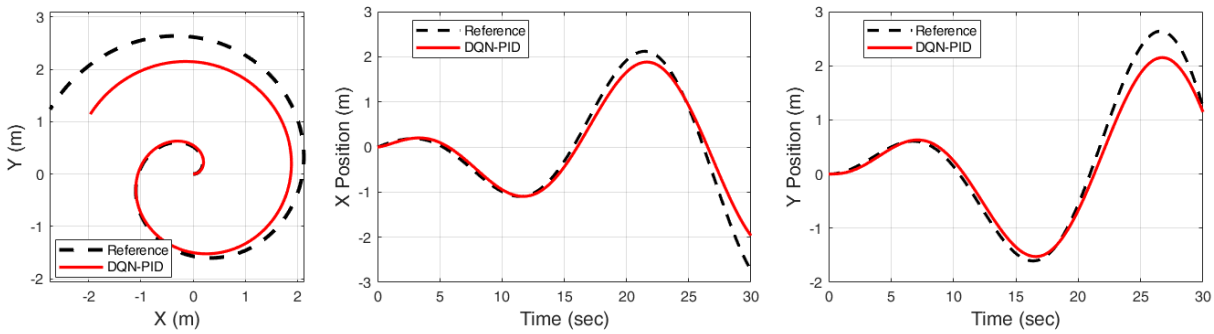


Figure 3. Trajectory tracking performance for spiral trajectory

Although the circular trajectory is the reference trajectory used in DQN training, it has demonstrated average performance (MAE: 0.408 m, RMSE: 0.417 m). This result indicates that during the training process, the parameters were not optimized specifically for the circular trajectory, but rather to achieve a more general control characteristic.

The results obtained on the spiral trajectory show the lowest error values among the three trajectory types (lowest MAE: 0.25 m, lowest RMSE: 0.322 m, lowest IAE: 7.536 m·s). This success can be explained by the spiral orbit having a gradually changing radius profile and the mobile robot being able to adapt better to these dynamics. Additionally, the speed profile on the spiral trajectory contains smoother transitions compared to circular and lemniscate trajectories.

The lemniscate trajectory exhibited the highest error values (highest MAE: 0.678 m, highest RMSE: 0.705 m, highest maximum error: 1.168 m). The main reason for the high error values is that the lemniscate trajectory contains an intersection point at the center and requires sudden direction changes in this region. Especially since the robot needs to rapidly maneuver at the center, the PID controller experiences greater deviations in these transient regions.

4. CONCLUSIONS AND DISCUSSIONS

In this study, the PID controller parameters for mobile robot trajectory tracking were tuned using the DQN algorithm, one of the reinforcement learning methods. The DQN algorithm successfully determined the optimal PID parameters by operating on a circular reference trajectory during a 50 episode training process. The obtained PID parameters were tested on circular, lemniscate, and spiral trajectories. Although the DQN algorithm was trained only on circular trajectories, it produced PID parameters that could work on trajectories not seen in training, such as lemniscate and spiral, demonstrating transfer learning success. This proves that the proposed method has model free learning capabilities, demonstrates the ability to adapt to different dynamic conditions, and can be used in different tasks by being trained on a single trajectory type in practical applications. The simulation results obtained clearly demonstrate the effectiveness and practical applicability of the proposed approach. This study provides a bridge between artificial intelligence based control systems and traditional control theory. It shows how a widely used controller in industry, such as PID, can be optimized using modern machine learning techniques.

REFERENCES

[1] Yiğit, S., & Sezgin, A. (2022). Trajectory Tracking via Backstepping Controller with PID or SMC for Mobile Robots. *Sakarya University Journal of Science*, 27(1), 120-134.

[2] Xu, C., Zhou, X., Chen, R., Li, B., He, W., Li, Y., & Ye, F. (2025). Trajectory Tracking for 3-Wheeled Independent Drive and Steering Mobile Robot Based on Dynamic Model Predictive Control. *Applied Sciences*, 15(1), 485.

[3] Dinh, L. Q., Nguyen, M. T., Trinh, M. L., Tran, H. T., Nguyen, N. H., Vu, T. C., & Tran, D. T. (2024, December). Metaheuristic Algorithms for PID Controller Parameters Tuning: Approaches and Results. *In International Conference on Engineering Research and Applications* (pp. 380-389). Cham: Springer Nature Switzerland.

[4] Gao, Y., Bu, C., Fan, X., Sui, J., He, N., & Ouyang, Z. (2025, July). An Adaptive LADRC Trajectory Tracking Method Based on Q-Learning for Mobile Robots. *In 2025 IEEE 15th International Conference on CYBER Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems (CYBER)* (pp. 370-375). IEEE.

[5] Singh, R., Ren, J., & Lin, X. (2023). A review of deep reinforcement learning algorithms for mobile robot path planning. *Vehicles*, 5(4), 1423-1451.

[6] Yang, L. (2024, August). Application and Challenges of Core Technologies for Mobile Robot Control Based on Deep Reinforcement Learning in Complex Dynamic Environments. *In International Conference on Computational Vision and Robotics* (pp. 67-77). Cham: Springer Nature Switzerland.

[7] Munaf, A., & Almusawi, A. R. J. (2024). Integration of Q-Learning and PID Controller for Mobile Robots Trajectory Tracking in Unknown Environments. *Journal Européen des Systèmes Automatisés*, 57(4), 1023.

[8] Wang, X., Yi, H., Xu, J., Xu, C., & Song, L. (2024). PID controller based on improved DDPG for trajectory tracking control of USV. *Journal of Marine Science and Engineering*, 12(10), 1771.

[9] Shahouni, R. R., Bahraini, M., Abrofarakh, M., & Abbasi, M. (2025). Adaptive tuning of fractional order PID controllers for nonlinear processes using hybrid PSO DQN reinforcement learning. *Scientific Reports*, 15(1), 38545.

[10] Wang, F., Ren, B., Liu, Y., & Cui, B. (2022). Tracking moving target for 6 degree-of-freedom robot manipulator with adaptive visual servoing based on deep reinforcement learning PID controller. *Review of Scientific Instruments*, 93(4).

[11] Omran, I., Mostafa, A., Seddik, A., Ali, M., Hussein, M., Ahmed, Y., & Abdelwahab, M. (2024). Deep reinforcement learning implementation on IC engine idle speed control. *Ain Shams Engineering Journal*, 15(5), 102670.

[12] Klancar, G., Zdesar, A., Blazic, S., & Skrjanc, I. (2017). Wheeled mobile robotics: from fundamentals towards autonomous systems. Butterworth-Heinemann.

[13] Li, Y. (2017). Deep reinforcement learning: An overview. arXiv preprint arXiv:1701.07274.

[14] Sewak, M. (2019). Deep reinforcement learning. Singapore: Springer Singapore.

[15] Li, J., Xu, S., Wu, Y., & Zhang, Z. (2024). Automatic landing control for fixed-wing UAV in longitudinal channel based on deep reinforcement learning. *Drones*, 8(10), 568.

[16] Sutton, R. S., & Barto, A. G. (1998). Reinforcement learning: An introduction. Cambridge: MIT press.

[17] Hansen, S. (2016). Using deep q-learning to control optimization hyperparameters. arXiv preprint arXiv:1602.04062.

[18] Van Hasselt, H., Guez, A., & Silver, D. (2016, March). Deep reinforcement learning with double q-learning. *In Proceedings of the AAAI conference on artificial intelligence* (Vol. 30, No. 1).

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

THERMAL INVESTIGATION OF OIL AND WATER-COOLING METHODS FOR GENERATOR AND GEARBOX HEAT DISSIPATION IN WIND TURBINES

Mehmet BAKIRCI[1], Abdulkhaleq AL-Kaabi SALMAN[2]

[1] Karabuk University, Faculty of Engineering, 0000-0002-1061-698X

[2] Karabuk University, Faculty of Engineering, 0000-0001-7321-6783

ABSTRACT

Wind turbines are fundamental components of sustainable energy systems, and their efficiency largely depends on the effective thermal management of the generator and gearbox located within the nacelle. The effectiveness of water- and oil-based liquid cooling systems for heat removal from the nacelle of a 1 MW horizontal axis wind turbine was analyzed using computational fluid dynamics (CFD) in the study. The primary objective of the study was to determine the optimal cooling strategy that would increase the overall efficiency of the system while maintaining safe operating temperatures. The generator and gearbox were modeled as rectangular prisms with heat generation rates of 50 kW/m² and 30 kW/m², respectively. Temperature distributions and cooling performances were investigated in analyses conducted for different coolant inlet temperatures (20°C and 30°C) and three different inlet speeds (0.0005, 0.001, and 0.0015 m/s). The results showed that the coolant inlet temperature and speed have a decisive effect on the temperature field within the system. The water-cooled system performed best for the generator at an inlet temperature of 20°C and an inlet speed of 0.0015 m/s, reducing the maximum temperature to 42.7°C. The oil-cooled system, on the other hand, performed best for the gearbox under the same conditions, reducing the maximum temperature to 28.8°C. Despite the lower thermal conductivity of the oil, a stable temperature profile achieved high cooling efficiency.

Keywords: Wind Turbine Nacelle, Liquid Cooling System, Computational Fluid Dynamics (CFD)

1. INTRODUCTION

Thermal management in the nacelle of wind turbines plays a critical role in ensuring turbine performance, reliability, and the longevity of internal components such as the generator, gearbox, and power electronics. During operation, these units generate significant heat, and inadequate heat dissipation can lead to reduced efficiency, oil degradation, and even component failure (Tang and Shi, 2001; Liu et al., 2012; Wang, 2003).

Early studies emphasized that small-capacity wind turbines typically rely on natural or forced-air cooling systems, where fans circulate ambient air through the nacelle (Ni, 2006; Jiang, 2010). While this approach is cost-effective, it is inadequate for high-power turbines due to its limited heat removal capacity (Smaili et al., 2006). In larger systems, liquid cooling using water or oil has become the preferred solution due to its higher heat transfer coefficient (Liu, Li, and

Dong, 2007; Li, Li, and Ma, 2015). Water is commonly used to cool the generator and circulates in channels around the stator and rotor (Liu, 2007; Wang and Haifeng, 2012). Oil cooling is used in gearboxes to reduce friction and thermal loads (Wang, 2003). Ethylene glycol-water mixtures are also used as antifreeze fluids in low-temperature environments (Tan, 1983).

As turbine capacities increase, hybrid air-liquid systems have been developed to achieve higher cooling performance. These systems combine the advantages of air and liquid cooling, where the heat absorbed by the fluid is transferred to the ambient air through heat exchangers (Mahdi, Smaili, and Saad, 2020; Fuskele et al., 2022). New configurations such as ALA (Air-Liquid-Air), LLA (Liquid-Liquid-Air), and ALL (Air-Liquid-Liquid) cycles provide more uniform temperature distribution, especially in turbines exceeding 3 MW (Ni, 2006; Wang, 2003).

Beyond traditional methods, new technologies such as heat pipes (He, 2003; Reay, Kew, & Glen, 2014), nanofluid-based systems (De Resi et al., 2014; Raj et al., 2014; Vallejo et al., 2019), and cryogenic or superconducting cooling methods (Furuse et al., 2016) are being used to manage the increasing heat loads in modern wind turbines. Nanofluids containing functionalized graphene or metallic nanoparticles significantly increase heat transfer capacity and stability (Vallejo et al., 2019; Raj et al., 2014). Additionally, the use of high-efficiency plate-fin heat exchangers (Liu, Li, & Dong, 2007) and helium circulation systems for superconducting generators (Furuse et al., 2016) have been investigated to optimize cooling performance.

In parallel with experimental studies, Computational Fluid Dynamics (CFD) has become an important tool for predicting internal thermal behavior under realistic operating conditions. Smaili et al. (2006) and Smaili and Mahdi (2015) numerically analyzed nacelle heat transfer in both cold and hot climates, while Mahdi and Smaili (2017) and Mahdi, Smaili, and Saad (2020) examined turbulent natural convection and airflow models in more detail using ANSYS Fluent. Their findings emphasized that natural convection alone is not sufficient, especially in hot environments, and confirmed the necessity of forced or liquid-based cooling systems. Advanced CFD techniques and second-order upwind systems (Tran, Masson, and Smaili, 2006) have enabled more accurate modeling of heat transfer and flow fields.

In recent years, interest in waste heat recovery and energy reuse in wind turbine systems has increased. Nematollahi and Kim (2017) presented a state-of-the-art review highlighting the potential for recovery, while Nematollahi et al. (2019) demonstrated that waste heat can be effectively converted into additional power using the Organic Rankine Cycle (ORC). Complementary studies by Yuan, Shen, and Zong (2012) and Wen (2006) examined the integration of improved duct and evaporative cooling systems to optimize internal air circulation and heat removal.

The literature reveals that the evolution of wind turbine nacelle cooling systems has progressed from simple air-based methods to advanced hybrid systems incorporating nanotechnology and numerical optimization. Studies consistently demonstrate that liquid cooling systems provide better temperature control and component protection in high-capacity turbines (Zhou et al.,

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

2013; Jian et al., 2015; Smaili et al., 2006). CFD-based analysis has become indispensable for system design, enabling precise evaluation of temperature fields, flow properties, and hot spot locations (Mahdi et al., 2020). Despite significant progress, most previous studies have focused on air or liquid cooling independently. Comparative CFD-based evaluations are still needed.

2. MATERIAL AND METHOD

A lot of calculation can be done for heat analysis of the nacelle. The following equations can be used for these kinds of calculations. The total heat amount produced in nacelle is calculated by,

$$Q_{heat} = W_{\text{mechanical power}} - E_{\text{electrical power}} \quad (1)$$

Convection heat transfer from the nacelle surface to the wind outside is calculated by,

$$Q = hA(T_{nacelle} - T_{wind}) \quad (2)$$

Radiation heat transfer from the nacelle surface to the surrounding is calculated by,

$$Q = \sigma \varepsilon A(T_{nacelle}^4 - T_{surrounding}^4) \quad (3)$$

Heat amount produced by the generator is assumed, q=50 kW/m^2,

Heat amount produced by gearbox is assumed, q=30 kW/m^2,

Heat transfer amount is calculated by $Q = \dot{m} C_p \Delta T$ Watt (4)

Mass flow is calculated by $\dot{m} = \rho V A$k (g/s) (5)

Mass flow rate values of water for three cases:

m_1=0.002894 kg/s, m_2=0.005788 kg/s, m_3=0.008682 kg/s,

Inlet area for water; A=0.0058 m^2,

Inlet velocity values of water for three cases; V_1=0.0005, V_2=0.001, V_3=0.0015 m/s

Mass flow rate values of oil for three cases:

m_1=0.0016644 kg/s, m_2=0.0033288 kg/s, m_3=0.0049932 kg/s,

Inlet area for oil; A=0.0038 m^2,

Inlet velocity values for oil for three cases; V_1=0.0005, V_2=0.001, V_3=0.0015 m/s

Withstand temperature limit of generator and gearbox surface materials is assumed to be 60 $^{\circ}$C.

Amount of heat energy carried by the fluids; $Q = \dot{m} C_p \Delta T$ (Watt) (6)

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Power required to pump water and oil; $P = \left(\frac{1}{2}\right)\dot{m}V^2$Watt

(7)

In order to calculate average value of temperature on the generator and the gearbox;

$T_{average} = \frac{\int T(x,y,z)dA}{A}$

(8)

In this study, CFD analysis was used to evaluate the effectiveness of different liquid mass flow rates on cooling performance because it provides a reliable and detailed understanding of fluid flow and heat transfer phenomena in complex systems. CFD is a well-established simulation technique based on the numerical solution of the Navier-Stokes equations, which describe the conservation of mass, momentum, and energy in fluid motion [Mahdi, 2020]. Previous research has demonstrated the ability of CFD to accurately predict the temperature distribution and airflow characteristics within wind turbine nacelles, allowing for the optimization of thermal management strategies and the prevention of overheating in critical components such as the generator and gearbox [Smaili et al., 2006; 2012; Mahdi and Smaili, 2017]. These studies have shown that CFD, in combination with turbulence models such as the standard k-ε model, can capture the complex interactions between forced and natural convection in closed or partially ventilated nacelles, even under extreme environmental conditions. Therefore, in the present work, CFD serves as a powerful and validated numerical tool to investigate the effect of varying coolant mass flow rates on heat transfer efficiency, contributing to the design of more effective and energy-saving cooling systems for wind turbine applications.

In 1 MW power generation, the amounts of heat generated by the generator and gearbox are taken as 50 kW/m^2 and 30 kW/m^2 respectively. The dimensions of the three-dimensional nacelle geometry taken as a rectangular prism are 6 m, 3 m and 2.5 m. In the Ansys fluent computer package programmed using computational fluid dynamics, the inlet and outlet conditions of the nacelle, the amount of heat generated in the generator and gearbox were defined as boundary conditions for the geometries in which the nacelle, generator and gearbox were designed as rectangular prisms. In the created geometry, the outer surface area of the generator is 10 m^2 and the gearbox outer surface area is 3.75 m^2.

Cooling system by liquid such as water and oil are shown in Figure 1. In the present study, the heat exchanger and the external radiator are not included. Instead, the generator cooling by water, the gearbox cooling by oil only were studied (Figure 2).

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

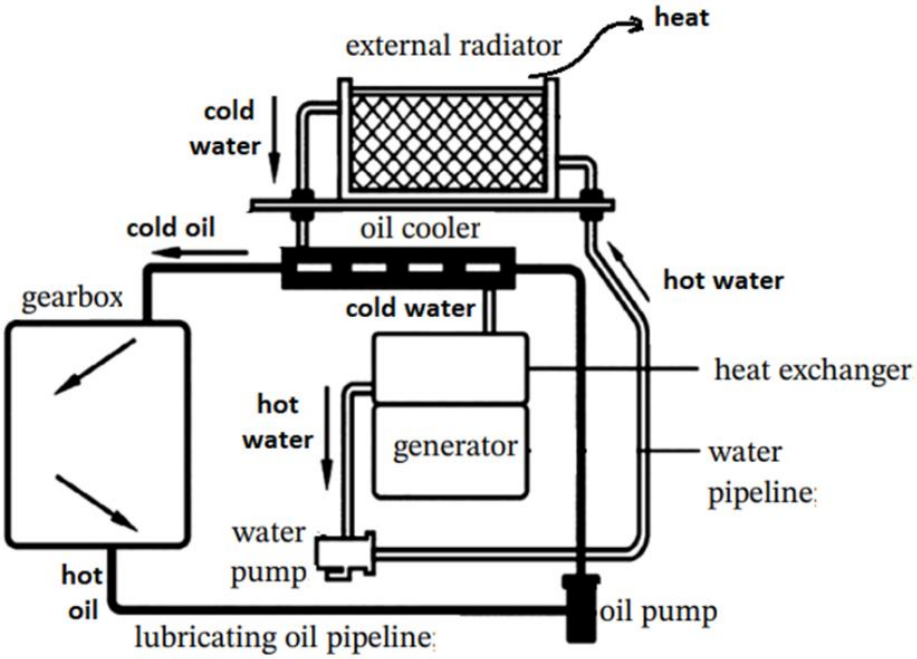


Figure 1. Cooling System Adopting Cooling Method [Fuskela, V., 2022].

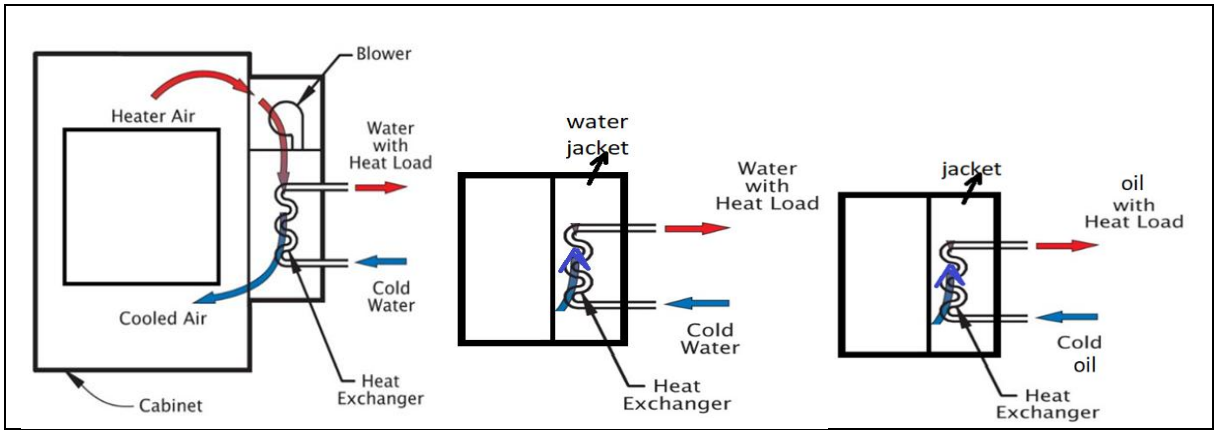


Figure 2. Cooling System Adopting Cooling Method (Presented in the Study)

Liquid passed through pipes was used to cool the gearbox and the generator. Water was preferred for the generator and three different inlets (upper part) as well as three different outlet locations (lower part) were determined as shown in Figure 3. The total cross-sectional area of the holes where the water inlet used to cool the outer surface of the generator is provided 58 cm^2. Oil was preferred for the gearbox and two different inlets as well as two different outlet locations were determined as shown in the figure. The total cross-sectional area of the holes where the oil inlet used to cool the outer surface of the gearbox is provided 38 cm^2. Heat transfer coefficient, specific heat and density values of air, water, oil used as cooling fluid and heat transfer coefficient, specific heat and density data of aluminum used as an outer surface coating of generator and gearbox are given in Table 1.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

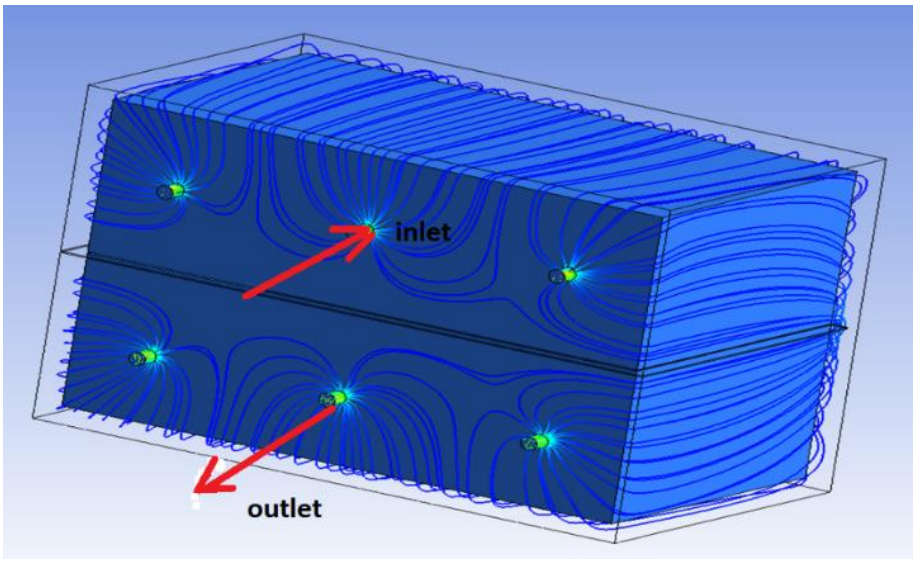


Figure 3. Inlet and Outlet Geometries Created for CFD Analysis for Water Cooling of the Generator

Some properties of fluid used in this CFD simulations are given in Table 1.

k: Thermal conductivity, W/m.°C, Cp: Specific heat, J/kg. °C

ρ: Density, kg/m^3, m: Mass flow rate, kg/s, q: Heat flux, W/m^2

Table 1. Properties of Materials Used in the Nacelle Analysis by CFD

Material	***k*** *(W/m.°C)*	C_p *(J/kg. °C)*	***ρ*** *(kg/m^3)*
Air	0.0242	1000.43	1.225
Aluminum	202.4	871	2719
Water ((Generator)	0.6	4182	998.2
Oil (Gearbox)	0.3	2900	875.9

The process of creating a is crucial to the success of the simulation as a whole. The physical domain is represented by a tiny geometric structure called a grid. To apply conservation principles, it is necessary to identify the sizes of the individual components, and this is where the grid comes in. This is the first phase, and it involves doing things like generating a grid and finding the numerical solutions to equations that describe the physical process. The success of the solution depends on the accuracy of the mesh. A good mesh can be constructed by improving the quality of the solution, whereas employing a grid that is not properly developed results in discrepancies with the numerical solution. The primary building blocks in 3D are the triangular prism, the hexahedron, the tetrahedron, and the quadrilateral pyramid. These too-flexible elements are used to map mesh cells to the boundary surface and distribute flow to other regions. The solution is steady state. The fluid assumes water and oil while solid components like the generator and gearbox assume aluminum. Electromagnetic features, such

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

as conductivity and magnetic permeability, are disregarded along with the refractive index and absorption coefficient associated with radiation. Table 3. shows the results when the amount of grid elements is changed for both the air and liquid cooling systems.

CFD software was used to derive temperature values. Detailed results are provided including the temperature for the generator and the gearbox in the nacelle under three velocities for liquid cooling system (0.0005, 0.001, 0.0015) m/s. In this technique, the airflow is modelled using Reynolds averaged Navier-Stokes equations for cartesian and cylindrical coordinates. Heat transport effects are accounted for by using the energy equation. For the description of turbulent flow, the standard k- epsilon model was adopted.

Table 2. Mesh Used in the CFD Simulations

Mesh quality	
Number of Nodes	106875
Number of Elements	485662
Metrics	Skewness
Min.	6.7855e-004
Max.	0.88397
Average	0.22558

3. RESULTS AND DISCUSSION

In the water-cooling system with three inlets and three outlets, the temperature change on the outer surface of the generator (for the initial speed of 0.0005 m/s) is shown in the contour in the Figure 4.

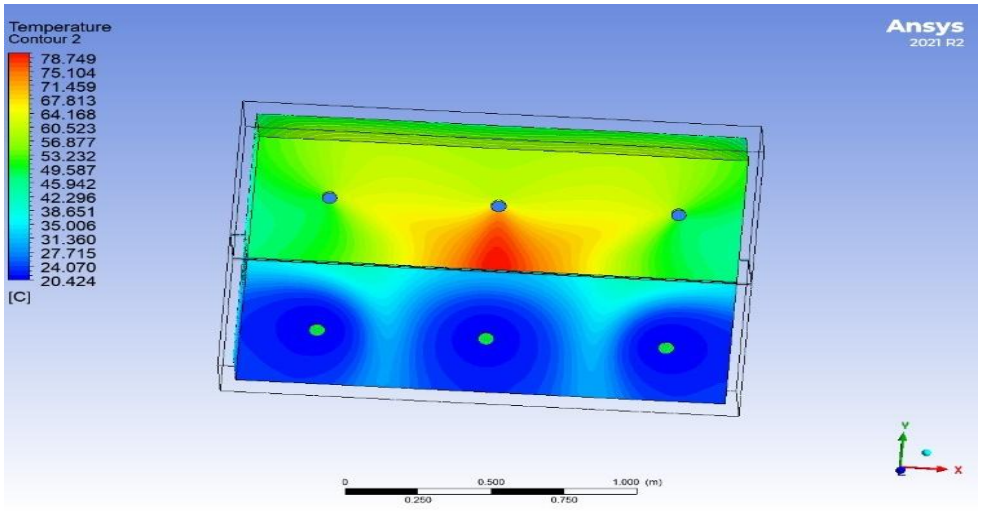


Figure 4. Temperature Distribution as a Result of Cooling the Generator (Using Water) (Generator, Water, 20 ºC, 0.0005 m/s)

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

It is seen that the temperature value of the generator surface is high where the water first enters (upper part of the generator) and the temperature values are low where the water leaves (lower part). This shows that an effective cooling is realized. It is seen from the contour in the figure that the highest temperature value on the generator surface is approximately 78.7 ºC and the lowest temperature value is approximately 20.4 ºC. According to the CFD results, it is determined that the average temperature on the generator surface is approximately 67.3 ºC. In the water-cooling system with three inlets and three outlets, the temperature change on the outer surface of the generator (for the initial speed of 0.001 m/s) is shown in the contour in the Figure 5.

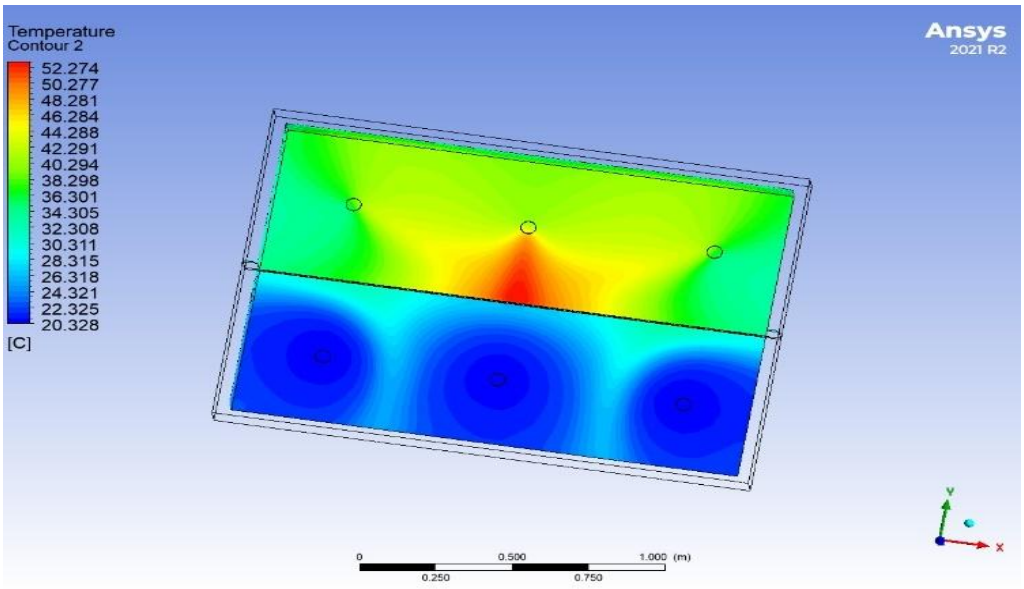


Figure 5. Temperature Distribution as a Result of Water Cooling the Generator (20 ºC, 0.001 m/s)

An effective cooling is realized. It is seen from the contour in the figure that the highest temperature value on the generator surface is approximately 52.3 ºC and the lowest temperature value is approximately 20.3 ºC. According to the CFD results, it is determined that the average temperature on the generator surface is approximately 44.6 ºC. In the water-cooling system with three inlets and three outlets, the temperature change on the outer surface of the generator (for the initial speed of 0.0015 m/s) is shown in the contour in the Figure 6.

It is seen that the temperature value of the generator surface is high where the water first enters (upper part of the generator) and the temperature values are low where the water leaves (lower part). This shows that an effective cooling is realized. It is seen from the contour in the figure that the highest temperature value on the generator surface is approximately 42.7 ºC and the lowest temperature value is approximately 20.2 ºC. According to the CFD results, it is determined that the average temperature on the generator surface is approximately 38.6 ºC. In the oil-cooling system with two inlets and two outlets, the temperature change on the outer surface of the gearbox (for the initial speed of 0.0005 m/s) is shown in the contour in the Figure 7.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

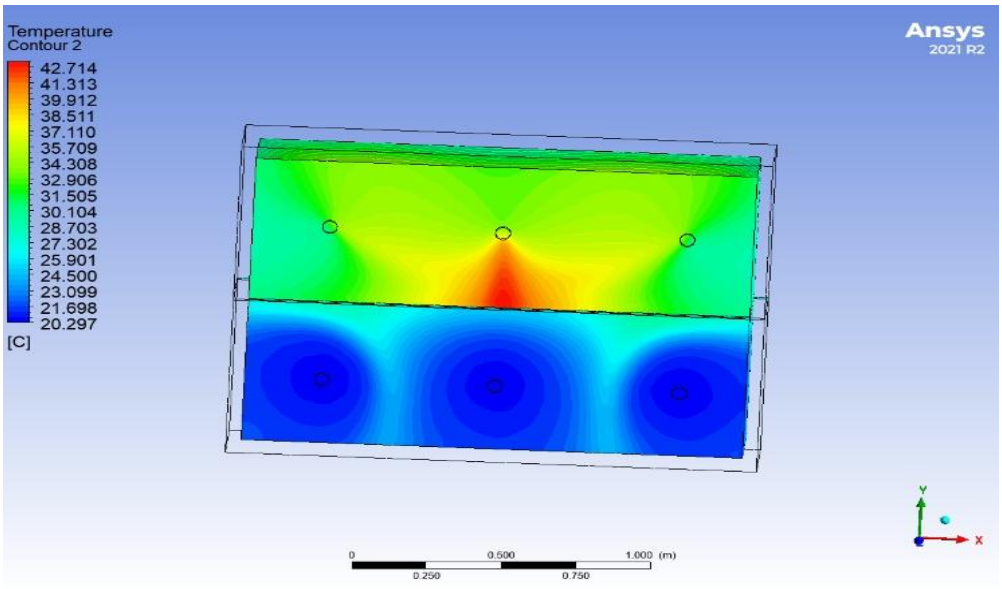


Figure 6. Temperature Distribution as a Result of Water Cooling the Generator (20 ºC, 0.0015 m/s)

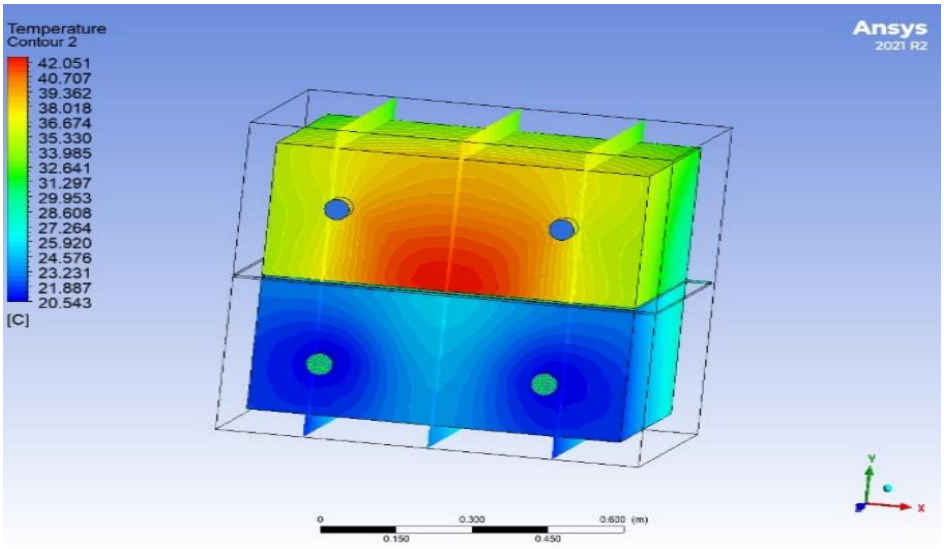


Figure 7. Temperature Distribution as a Result of Oil Cooling the Gearbox (20 ºC, 0.0005 m/s)

It is seen that the temperature value of the gearbox surface is high where the cooling oil first enters (upper part of the gearbox), while the temperature values are low where the water exits (lower part). This shows that an effective cooling is realized. It is seen from the contour in the figure that the highest temperature value on the gearbox surface is approximately 42.1 ºC and the lowest temperature value is approximately 20.5 ºC. According to the CFD results, it is determined that the average temperature on the gearbox surface is approximately 37.6 ºC. In the oil-cooling system with two inlets and two outlets, the temperature change on the outer surface of the gearbox (for the initial speed of 0.001 m/s) is shown in the contour in the Figure 8.

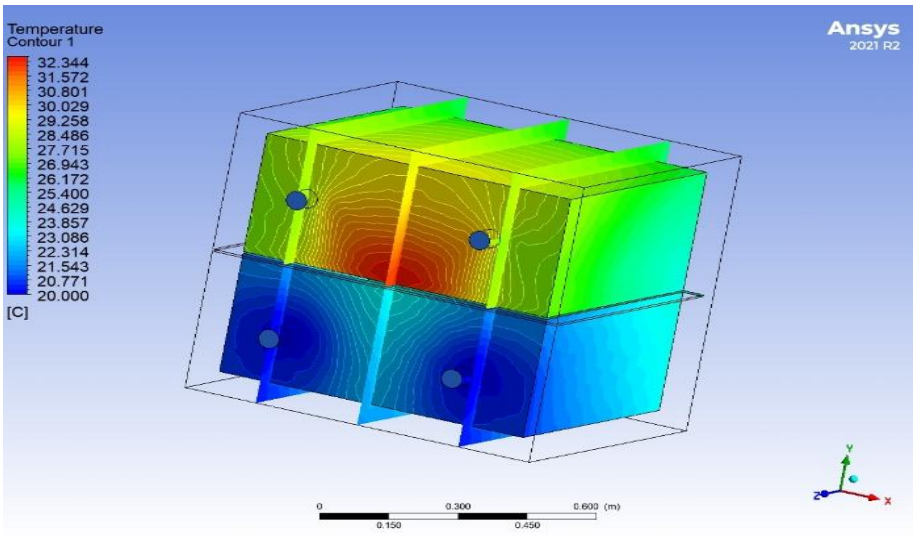


Figure 8. Temperature Distribution as a Result of Oil Cooling the Gearbox (20 ºC, 0.001 m/s)

It can be observed that an effective cooling is realized. It is seen from the contour in the figure that the highest temperature value on the gearbox surface is approximately 32.3 ºC and the lowest temperature value is approximately 20 ºC. According to the CFD results, it is determined that the average temperature on the gearbox surface is approximately 30.6 ºC. In the oil-cooling system with two inlets and two outlets, the temperature change on the outer surface of the gearbox (for the initial speed of 0.0015 m/s) is shown in the contour in the Figure 9.

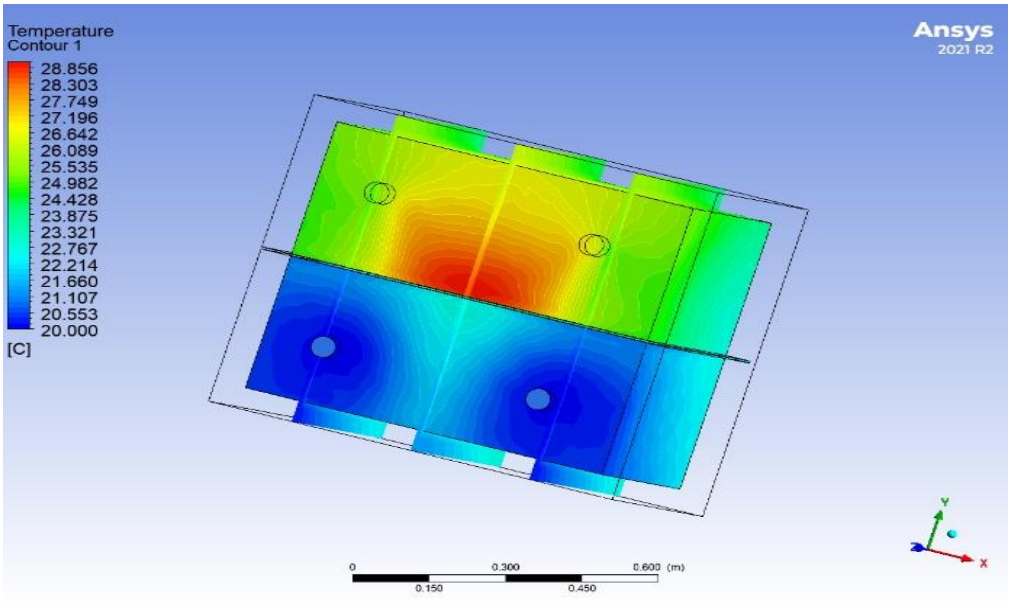


Figure 9. Temperature Distribution as a Result of oil Cooling the Gearbox (20 ºC, 0.0015 m/s)

We can see that an effective cooling is realized. It is seen from the contour in the figure that the highest temperature value on the gearbox surface is approximately 28.8 ºC and the lowest temperature value is approximately 20 ºC. According to the CFD results, it is determined that the average temperature on the gearbox surface is approximately 26.5 ºC.20 ºC initial inlet temperature water and oil, the effects of liquid initial inlet speeds on gearbox and generator

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

temperatures were determined. Maximum, minimum, average temperature values on the generator and the gearbox for 20 ºC inlet fluid temperature value and three different inlet velocities obtained by CFD analysis are given in Table 2.

Table 2. Temperature Values on the Generator and the Gearbox for 20 ºC Inlet Fluid Temperature

Velocity m/s	*Generator (water cooling)*			*Gearbox (oil cooling)*		
0.0005	Max: 78.7 ºC	Min: 20.4 ºC	Average: 67.3 ºC	Max: 42.1 ºC	Min: 20.5 ºC	Average: 37.6 ºC
0.001	Max: 52.3 ºC	Min: 20.3 ºC	Average: 44.6 ºC	Max: 32.3 ºC	Min: 20 ºC	Average: 30.6 ºC
0.0015	Max: 42.7 ºC	Min: 20.2 ºC	Average: 38.6 ºC	Max: 28.8 ºC	Min: 20 ºC	Average: 26.5 ºC

Temperature values on the generator and the gearbox are calculated by CFD for three different inlet velocities when inlet fluid temperature value is 30 ºC. In the water-cooling system with three inlets and three outlets, the temperature change on the outer surface of the generator (for the initial speed of 0.0005 m/s) is shown in the contour in Figure 10.

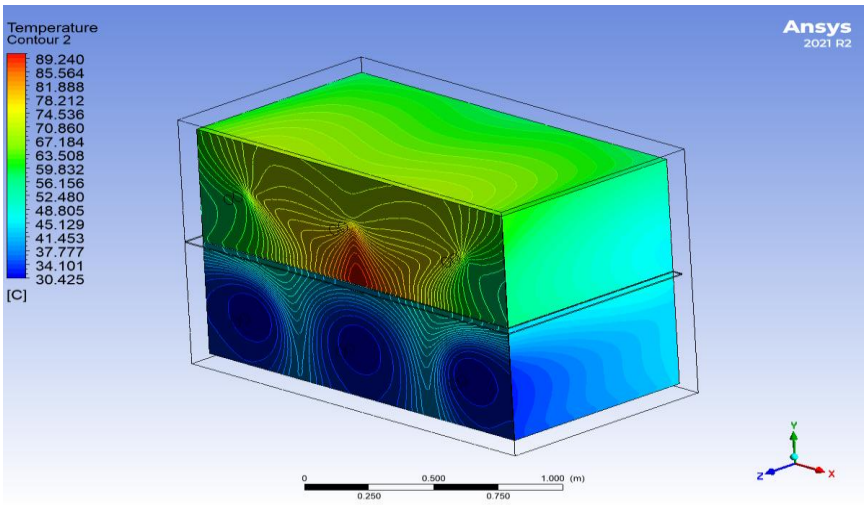


Figure 10. Temperature Distribution as a Result of Water Cooling the Generator (30 ºC, 0.0005 m/s)

It is seen that the temperature value of the generator surface is high where the water first enters (upper part of the generator) and the temperature values are low where the water leaves (lower part). This shows that an effective cooling is realized. It is seen from the contour in the figure that the highest temperature value on the generator surface is approximately 89.2 ºC and the lowest temperature value is approximately 30.4 ºC. According to the CFD results, it is determined that the average temperature at the generator surface is approximately 72 ºC. In the water-cooling system with three inlets and three outlets, the temperature change on the outer

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

surface of the generator (for the initial speed of 0.001 m/s) is shown in the contour in the Figure 11.

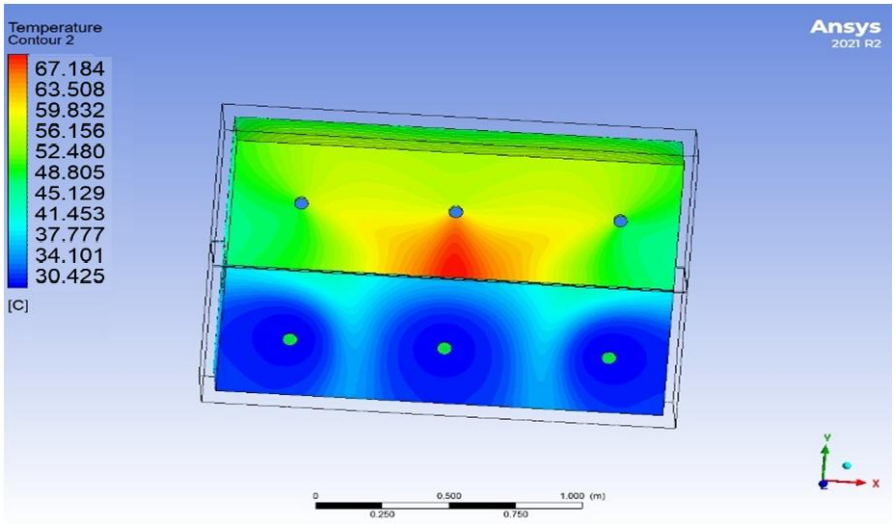


Figure 11. Temperature Distribution as a Result of Water Cooling the Generator (30 ºC, 0.001 m/s)

It is shown that an effective cooling is realized. The highest temperature value on the generator surface is approximately 67.2 ºC and the lowest temperature value is approximately 30.3 ºC. According to the CFD results, it is determined that the average temperature at the generator surface is approximately 48.5 ºC. In the water-cooling system with three inlets and three outlets, the temperature change on the outer surface of the generator (for the initial speed of 0.0015 m/s) is shown in the contour in the Figure 12.

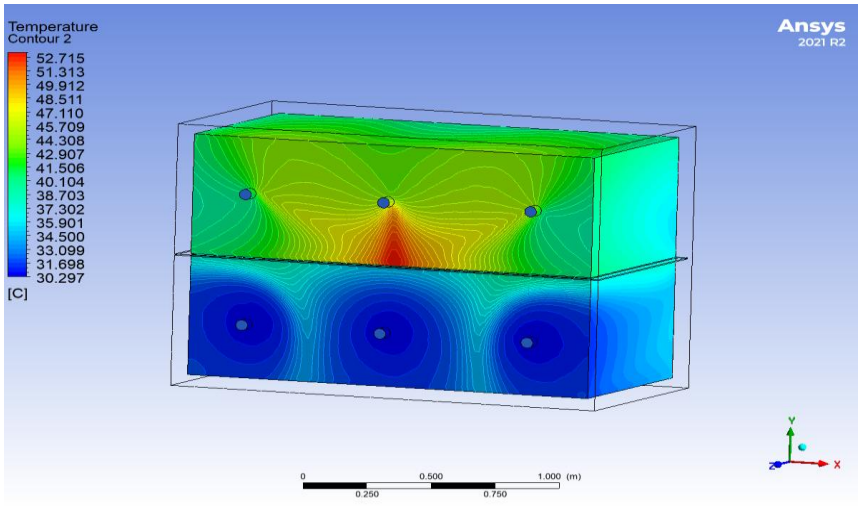


Figure 12. Temperature Distribution as a Result of Water Cooling the Generator (30 ºC, 0.0015 m/s)

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

An effective cooling is observed an effective cooling. It is seen from the contour in the figure that the highest temperature value on the generator surface is approximately 52.7 ºC and the lowest temperature value is approximately 30.2 ºC. According to the CFD results, it is determined that the average temperature at the generator surface is approximately 45.4 ºC. In the oil-cooling system with two inlets and two outlets, the temperature change on the outer surface of the gearbox (for the initial speed of 0.0005 m/s) is shown in the contour in the Figure 13.

It is seen that the temperature value of the gearbox surface is high where the cooling oil first enters (upper part of the gearbox), while the temperature values are low where the water exits (lower part). This shows that an effective cooling is realized. It is seen from the contour in the figure that the highest temperature value on the gearbox surface is approximately 52 ºC and the lowest temperature value is 30.4 ºC. According to the CFD results, it is determined that the average temperature on the gearbox surface is approximately 47 ºC. In the oil-cooling system with two inlets and two outlets, the temperature change on the outer surface of the gearbox (for the initial speed of 0.001 m/s) is shown in the contour in the Figure 14.

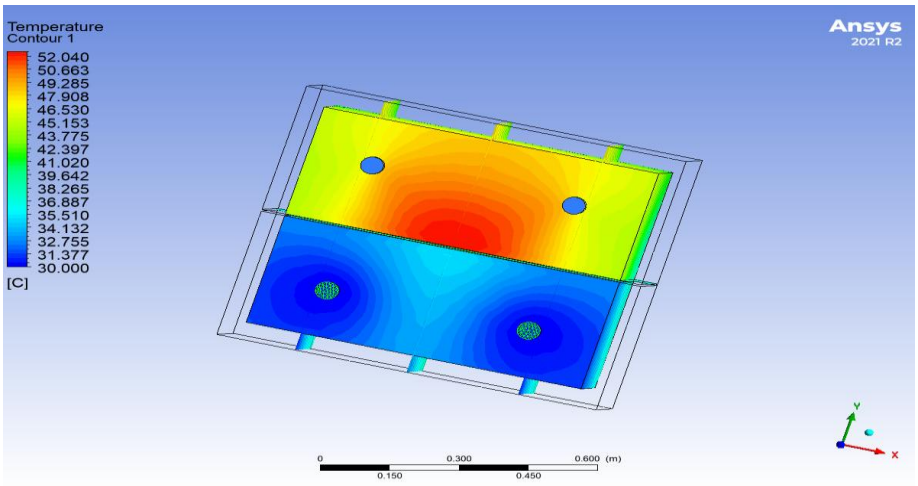


Figure 13. Temperature Distribution as a Result of Oil Cooling the Gearbox (30 ºC, 0.0005 m/s)

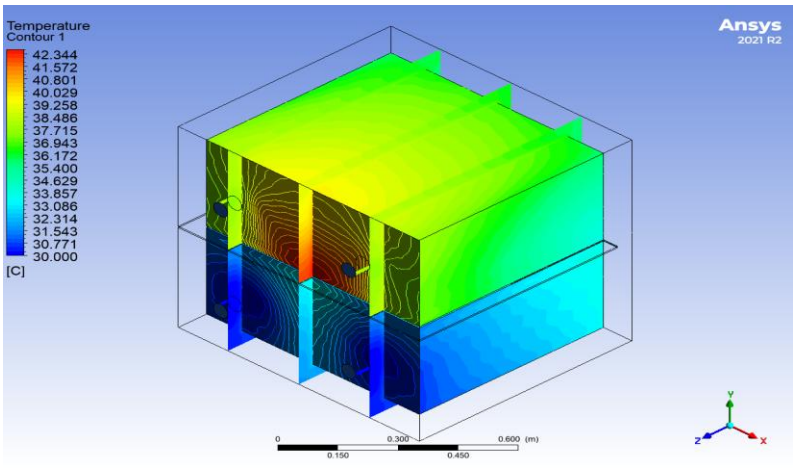


Figure 14. Temperature Distribution as a Result of Oil Cooling the Gearbox (30 ºC, 0.001 m/s)

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

An effective cooling is realized. It is seen from the contour in the figure that the highest temperature value on the gearbox surface is approximately 42.3 ºC and the lowest temperature value is 30.3 ºC. According to the CFD results, it is determined that the average temperature on the gearbox surface is approximately 37 ºC. In the oil-cooling system with two inlets and two outlets, the temperature change on the outer surface of the gearbox (for the initial speed of 0.0015 m/s) is shown in the contour in the Figure 15.

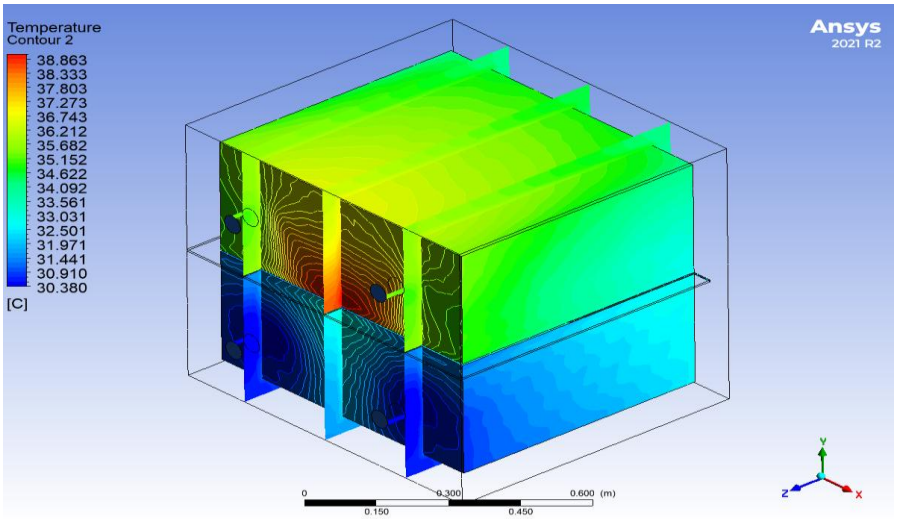


Figure 15. Temperature Distribution as a Result of Oil Cooling the Gearbox (30 ºC, 0.0015 m/s)

It is seen from the contour in the figure that the highest temperature value on the gearbox surface is approximately 38.9 ºC and the lowest temperature value is approximately 30.2 ºC. According to the CFD results, it is determined that the average temperature on the gearbox surface is approximately 35 ºC. It is seen that the temperature value of the gearbox surface is high where the cooling oil first enters (upper part of the gearbox), while the temperature values are low where the water exits (lower part). This shows that an effective cooling is realized. Maximum, minimum, average temperature values on the generator and the gearbox for 30 ºC inlet fluid temperature value and three different inlet velocities obtained by CFD analysis are given in Table 3.

Table 3. Temperature Values on the Generator and the Gearbox for 30 ºC Inlet Fluid Temperature

Velocity m/s	*Generator*			*Gearbox*		
0.0005	Max:	Min:	Average:	Max:	Min:	Average:
	89.2 ºC	30.4 ºC	72 ºC	52 ºC	30.4 ºC	47 ºC
0.001	Max:	Min:	Average:	Max:	Min:	Average:
	67.2 ºC	30.3 ºC	48.5 ºC	42.3 ºC	30.3 ºC	37 ºC
0.0015	Max:	Min:	Average:	Max:	Min:	Average:
	52.7 ºC	30.2 ºC	45.4 ºC	38.9 ºC	30.2 ºC	35 ºC

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

All results are summarized in Table 4. With the values found and given in Table 4. and the evaluations made, it has been revealed which conditions are sufficient to keep the temperature in the nacelle under control in the required amount. It can be observed that water and oil cooling has resulted in minimum temperature values for all cases of both, the generator and the gearbox. We can safely conclude, that these cooling methods have been found to be effective. The results found in this study are consistent with the results reported in the studies by Zhon, D., 2013, Jian, S., 2015 and Fuskale, V., 2022. However, these systems are more complex and costly as expressed by them also.

Table 4. Temperature Values on the Generator and the Gearbox for All Cases

Cases			**Generator**				**Gearbox**			
Fluid	Fluid inlet temp.	Inlet velocity (m/s)	Max. Temp.	Min. Temp.	Aver. Temp.	Evaluation	Max. Temp.	Min. Temp.	Aver. Temp.	Evaluation
Water cooling for the generator - Oil cooling for the gearbox	20 ºC	0.0005	78.7 ºC	20.4º C	67.3º C	reasonable	42.1º C	20.5º C	37.6º C	very good
		0.001	52.3 ºC	20.3º C	44.6º C	good	32.3º C	20 ºC	30.6º C	very good
		0.0015	42.7 ºC	20.2º C	38.6º C	good	28.8º C	20 ºC	26.5º C	very good
	30 ºC	0.0005	89.2 ºC	30.4º C	72 ºC	reasonable	52 ºC	30.4º C	47 ºC	good
		0.001	67.2 ºC	30.3º C	48.5º C	good	42.3º C	30.3º C	37 ºC	good
		0.0015	52.7 ºC	30.2º C	45.4º C	good	38.9º C	30.2º C	35 ºC	very good

4. CONCLUSION

Liquid passed through pipes was used to cool the gearbox and the generator. Water was preferred for the generator and three different inlets as well as three different outlet locations (lower part) were determined. Oil was preferred for the gearbox and two different inlets as well as two different outlet locations were determined. Maximum, minimum and average temperature values on the generator and the gearbox for 20 ºC and 30 ºC inlet fluid temperature values and three different inlet velocities were obtained by CFD analysis. These findings provide valuable insights into the complex flow dynamics of nacelle and can help to improve the design of more efficient wind turbines.

This study investigated the performance of water- and oil-based liquid cooling systems for effective thermal management of generators and gearboxes used in wind turbines. The results

show that the inlet temperature and speed of the coolant have a decisive impact on the overall temperature distribution of the system.

Analysis performed for the generator determined that the water-cooled system demonstrated optimal cooling performance at an inlet temperature of 20°C and an inlet speed of 0.0015 m/s, with the maximum temperature dropping to 42.7°C. This demonstrates that the system remains within safe operating limits in terms of both temperature uniformity and average temperature values. On the gearbox side, the oil-cooled system was found to provide optimal results at an inlet temperature of 20°C and a speed of 0.0015 m/s, with the maximum temperature reaching 28.8°C. Despite its lower thermal conductivity, the oil cooling method provided highly efficient thermal control thanks to its low temperature difference and stable temperature profile.

In conclusion, the combined use of water cooling for the generator and oil cooling for the gearbox optimizes the overall thermal performance of the system and extends component life. This study presents a data-driven engineering approach that can be used in the cooling design of wind turbine powertrain systems. However, the study contains some limitations and areas that could be explored further. Moreover, the coupling in the nacelle, which connects the slow-speed rotating shafts, was neglected. The means for acquiring the coolant and cooling oil were not explained, and it was unclear how the cooling water and oil would be cooled in a closed system. The modelling of the generator and gearbox with a prism geometry was assumed to have minimal impact on the calculations. While water was selected for the generator and oil for the gearbox based on preferences in the literature, other options, such as ammonia or nanofluids, were not explored. Heat transfer by convection and radiation between the nacelle and the surrounding environment were also unconsidered. In addition, the CFD solutions were only time-independent (steady). Also, the turbulence model selection requirements were not given. These issues could be addressed in future research.

REFERENCES

[1] Furuse, M., Fuchino, S., Okano, M., Natori, N. and Yamasaki, H., *Development of a cooling system for superconducting wind turbine generator*, Cryogenics, 80 (Part 2): 199–203, 2016.

[2] Liu, Z., Jiang, Y., Zhou, N., Shi, H., Kang, N. and Wang, Y., *Thermal performance of wind turbine power system's engine room*, International Journal of Modern Physics: Conference Series, 19: 424–434, 2012.

[3] Smaili, A., Masson, C., Taleb, S. and Lamarche, L., *Numerical study of thermal behaviour of a wind turbine nacelle operating in a nordic climate*, Numerical Heat Transfer, Part B: Fundamentals, 50 (2): 121–141, 2006.

[4] Jian, S., Xiaoqian, M., Shuying, C. and Huijing, G., *Review of the cooling technology for high-power wind turbines*, International Conference on Advanced Design and Manufacturing Engineering, Shenzhen, China, pp. 1798–1803, 2015.

[5] Ni, T. J., *Major cooling methods and features of large generator*, Dongfang Electric Review, 20 (2): 31–37, 2006.

[6] Fuskele, V., Baredar, P., Sarviya, R. M., Lal, S. and Awasthi, S., *Wind turbine nacelle cooling systems: A review*, WIREs Energy and Environment, 11 (6): e456, 2022. https://doi.org/10.1002/wene.456

[7] Wen, Z. W., *Analysis on temperature field of large synchronous machine based on numerical method*, PhD Dissertation, Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Institute of Electrical Engineering, 2006.

[8] Tang, Y. Q. and Shi, N., *Electric machinery*, China Machine Press, pp. 271–280, 2001.

[9] Smaili, A., Masson, C., Taleb, S. and Lamarche, L., *Numerical study of thermal behaviour of a wind turbine nacelle operating in a nordic climate*, Numerical Heat Transfer, Part B: Fundamentals, 50 (2): 121–141, 2006.

[10] Li, Q., Li, C. and Ma, M., *The nacelle cooling system design based on Sinovel1500 wind turbine*, International Journal of Science, 2 (4): 20–24, 2015.

[11] Wang, D. G., *The calculation of thermal power of the increasing gearbox for wind generator*, Wind Power, 3: 22–24, 2003.

[12] Liu, M. S., Li, N. and Dong, Q. W., *Research progress of plate-fin heat exchanger in China*, Process Equipment and Piping, 44 (6): 9–12, 2007.

[13] De Resi, A., Milanese, M., Colangelo, G. and Laforgia, D., *High efficiency nanofluid cooling system for wind turbines*, Thermal Science, 18 (2): 543–554, 2014.

[14] Raj, C. C. P., Surendran, S., Amjathkhan, B., Metilda, J. A. B., Devaraj, S. and Aristotle, E., *Nanofluids for improving efficiency in wind turbine cooling system*, Advanced Materials Research, Vol. 984–985, pp. 784–791, Trans Tech Publications, 2014.

[15] Reay, D., Kew, P. and Glen, R. M., *Heat pipes (theory, design and applications)*, Elsevier Ltd., pp. 66–67, 2014.

[16] Smaili, A. and Mahdi, M. A., *On clean cooling systems for wind turbine nacelle operating in hot climate*, International Conference on Clean Cooling Technologies in the MENA Regions, Tipaza, 2015.

[17] Yuan, B., Shen, Y. and Zong, D., *Research on cooling systems in high-power wind turbine*, Dongfang Turbine, 4: 6–9, 2012.

[18] Zhou, D., Blaabjerg, F., Lau, M. and Tonnes, M., *Thermal profile analysis of double-fed induction generator-based wind power converter with air and liquid cooling methods*, Power Electronics and Applications, 15: 1–10, 2013.

[19] Jiang, Y., *Wind turbine cooling technologies*, WIT Transactions on the State of Art in Science and Engineering, 44: 613–640, 2010.

[20] Nematollahi, O. and Kim, K. C., *Wind turbine cooling: The state-of-the-art review*, Proceedings of Academics' World International Conference, Tehran, Iran, 2017.

[21] Vallejo, J. P., Alvarez-Regueiro, E., Cabaleiro, D., Fernández-Seara, J., Fernandez, J. and Lugo, L., *Functionalized graphene nanoplatelet nanofluids based on a commercial industrial antifreeze for the thermal performance enhancement of wind turbines*, Applied Thermal Engineering, 152: 113–125, 2019. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.02.046

[22] Mahdi, M. A. and Smaili, A., *Numerical investigations of a thermal behaviour of a HAWT nacelle using ANSYS FLUENT*, Energy Procedia, 141: 394–398, 2017.

[23] Mahdi, M. A., Smaili, A. and Saad, Y., *Numerical investigations of turbulent natural convection heat transfer within a wind turbine nacelle operating in hot climate*, International Journal of Thermal Sciences, 147: 106143, 2020.

[24] Nematollahi, O., Hajabdollahi, Z., Hoghooghi, H. and Kim, K. C., *An evaluation of wind turbine waste heat recovery using organic Rankine cycle*, Journal of Cleaner Production, 214: 705–716, 2019. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.009

[25] Tan, Z., *Glycol and water binary system of physical and chemical properties data*, Chemical Engineering, 1: 41–50, 1983.

[26] Wang, L. and Haifeng, W., *Steady-state thermal simulation of the stator coil of the evaporative inner cooling system in wind turbines*, IEEE 6th International Conference on Information and Automation for Sustainability, Beijing, China, pp. 248–251, 2012.

[27] He, T., *Heat pipe technology and its application in thermal engineering*, Industrial Boilers, 78 (2): 24–27, 2003.

[28] Tran, L. D., Masson, C. and Smaili, A., *A stable second-order mass-weighted upwind scheme for unstructured meshes*, International Journal for Numerical Methods in Fluids, 51: 749–771, 2006.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

THEORETICAL AND CFD ANALYSIS TRAJECTORY AND AERODYNAMIC BEHAVIOR OF UAVS LAUNCHED BY MECHANICAL OR ELECTROMAGNETIC LAUNCH SYSTEMS

Mehmet BAKIRCI [1], İlkin ASGARZADE [2]

[1] Karabuk University, Faculty of Engineering, 0000-0002-1061-698X

[2] Karabuk University, Faculty of Engineering, 0009-0000-4576-1979

ABSTRACT

The effects of trajectory, horizontal distance, maximum height, and angle on the aerodynamic stability of unmanned aerial vehicles (UAVs) launched with mechanical and electromagnetic launch systems were investigated using theoretical mathematical models and Computational Fluid Dynamics (CFD) analyses in the study. Launch velocities were calculated based on system parameters for three different UAVs with masses of 5 kg, 10 kg, and 20 kg, and the effects of launch angle and initial speed on flight performance were evaluated. These results demonstrate that aerodynamic instabilities can reach significant levels under high-speed and angle wind conditions. Furthermore, analyses conducted at launch speeds of 40–60 m/s determined that with increasing angle, the takeoff height increased, but the horizontal distance traveled decreased. The UAV launched from a 15° angle at 50 m/s reached an altitude of 98.35 m and a horizontal distance of 168.71 m, while at a 40° angle, it reached an altitude of 123.16 m but covered a distance of 72.66 m. CFD analysis results indicate that the pressure distribution on the wing is not symmetrical under the influence of a headwind, and the left-right difference increases, particularly at high speeds. This causes increased loads on the control surfaces and disrupts the moment balance.

Keywords: Launch angle and velocity, Climbing, Crosswind effect, Force and moment distribution, UAV, CFD.

1. INTRODUCTION

In recent years, unmanned aerial vehicles (UAVs) have expanded into a wide range of applications, including reconnaissance, surveillance, mapping, disaster management, and logistics. In parallel, research on launch systems, energy management, and autonomous control has rapidly increased. Traditional propeller-or jet-propelled launch methods suffer from disadvantages such as high energy consumption, susceptibility to wind effects, and limited takeoff distance. Therefore, mechanical catapult and electromagnetic launch systems (EMF) are emerging as alternative solutions for UAV ground launch. Electromagnetic launch technologies offer significant potential due to their high instantaneous force generation, enabling them to achieve high speeds in short distances, reduce fuel consumption, and minimize takeoff time.

UAV technology has focused on two main axes: optimizing energy consumption in electric UAVs and developing electromagnetic launch systems that enable effective deployment of UAVs. Launching Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) using electromagnetic or mechanical launch systems offers numerous advantages in terms of energy efficiency, takeoff safety, and operational flexibility. Using a launch system reduces the UAV's need for engine-powered takeoff, provides a more stable liftoff against wind effects, and minimizes the need for launch structure [F. Settele and M. Bittner,2020]. While mechanical systems provide energy through springs, pneumatic or hydraulic cylinders, and electric motors, electromagnetic launch systems quickly release stored electrical energy, enabling takeoff with high speed and acceleration [Mirosław K., Leszek A-2016, Hailong W.-2016, Zhiren W-1971]. This allows the UAV to consume less energy and have a longer flight endurance.

Electromagnetic launch systems offer a suitable solution for rapid and effective launch in military and civilian operations. EMF systems, based on a railgun design, offer the advantages of high speed, low recoil, high energy efficiency, and minimal infrastructure requirements [Nathan J. E.-2017, Umut B-2016, Laurian G-2012, Hailong W.,-1971]. These systems must be designed to increase the structural strength of the UAV and be able to tolerate the high accelerations that occur during launch. Electromagnetic launch systems stand out as a promising solution for enabling UAV deployment without the need for traditional runways. Early studies by Laurian (2012) and Cox et al. (2017) proposed motor-based launch systems for large UAVs. Miroslaw and Leszek (2016) [Mirosław K.-2016] demonstrated the feasibility of the conceptual design by developing numerical models for medium-range UAVs. Hailong et al. (2016) and Zhiren et al. (2018) conducted studies on lightweight UAVs and hybrid power systems, focusing on the integration of impulse energy and energy storage components to optimize launch performance. Electromagnetic railgun design, modeling, and optimization have been extensively researched in both the defense and aerospace fields. Garrett (2016) and Nathan (2017) reviewed basic modeling techniques and emphasized the importance of force calculation and rail dynamics. Nihar (2018) and Jeff et al. (2011) focused on optimizing railgun performance for cyclic tests. Pradeep et al. (2019) and Ju (2012) designed impulse power systems capable of delivering multi-megajoule energy. Hong-bin et al. (2021) highlighted the importance of improving durability and launch efficiency by highlighting improvements in rail materials. Thomas (2020) studied high-efficiency modes of electromagnetic launchers; and Yong et al. (2010) analyzed system efficiency with a full circuit model.

Studies on energy optimization of electric UAVs are important for improving takeoff and climb performance. Settele and Bittner (2020) developed a mathematical model for small UAVs using battery-electric propulsion systems and performed both trajectory optimization and steady-state performance evaluation. This model demonstrated that while it provides more efficient performance at low altitudes in horizontal flight, the optimal range climb values are slightly higher than those in horizontal flight. Studies in the literature (Laurian, 2012; Cox et al., 2017; Zemaiche, 2018; Li et al., 2018) have generally focused on system design, power circuits, and energy transfer; however, the relationships among launch angle, UAV mass, exit trajectory, and aerodynamic behavior have been investigated only to a limited extent.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Wind effect is a critical factor determining the launch and flight performance of UAVs. Siqueira (2017) developed a wind model to examine the effects of different wind and turbulence conditions on UAV trajectory tracking performance. Simulation studies have detailed the effects on control accuracy and flight stability under constant and variable wind conditions. Ranquist and Steiner (2017) evaluated the effects of different weather conditions on UAV operations, emphasizing the need for control strategies that are robust to variable environmental conditions.

In the present study, the effects of the exit trajectory, horizontal distance covered, maximum exit altitude, and exit angle on the aerodynamic stability of UAVs launched with mechanical and electromagnetic launch systems were evaluated using theoretical mathematical models and CFD analyses. Specifically, the force and moment effects of crosswinds on the UAV were calculated using CFD, and the UAVs were examined for climbing without using engine power, aiming to save energy. This approach comparatively demonstrates the effects of electromagnetic and mechanical launch systems on UAV performance based on fundamental physical principles.

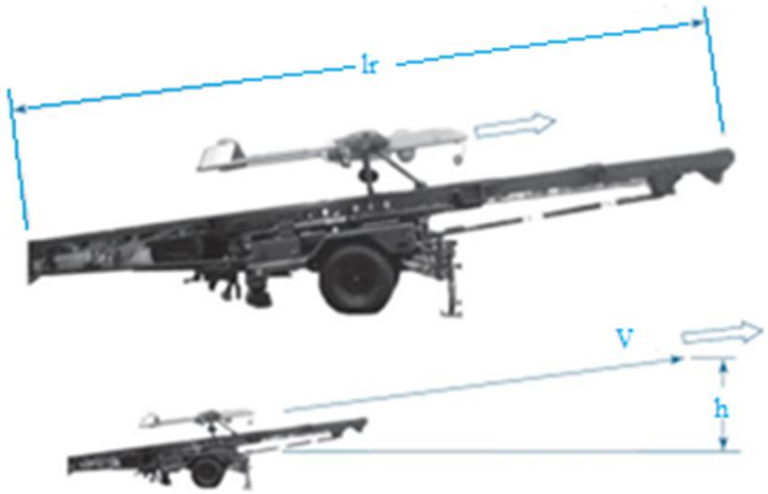


Figure 1. UAV Launch System [5]

2. METHODOLOGY

The velocities obtained during the launch of three UAVs with masses of 5 kg, 10 kg, and 20 kg from mechanical or electromagnetic systems were calculated. The effects of system parameters on launch speed were evaluated. The maximum takeoff altitude and the horizontal distance covered during the initial separation from the system were calculated. The UAV's speed and position over time as it ascends to maximum altitude without using engine power were modeled using a differential equation written using Newton's second law, along with the lift, drag, and weight forces acting on it. The distribution of forces and moments generated by wind effects on the wings, fuselage, and tail, which affect the stability of a sample UAV, was analyzed using computational fluid dynamics. This study aimed to reveal the applicability of mechanical or electromagnetic launch systems for UAVs and their advantages over ground takeoff. The findings of this study suggest that using a mechanical or EMF system for initial launch in UAVs

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

could allow for increased payload capacity and longer mission ranges. This work will contribute to the continued development of UAVs, which will assist sectors such as military operations, disaster response, environmental monitoring, and aerial surveillance.

2.1 Climbing of UAV After the Launch; Trajectory Equation

After the launch, it will be calculated how high the UAV will go from the moment it leaves the launch platform without using engine power, at what initial speed and angle, how much distance it will cover, and how much the final speed will be when it reaches the highest point. In this calculation, 3 different weights and 3 different launch angles were taken into account for the UAV. Since no engine power is used during the first take-off of the UAV, the forces acting on the UAV are lift, drag and weight forces. Since the values of lift and drag forces depend on the geometry of the UAV and the speed, these values are taken according to the results of the flow analysis of the model UAV in Ansys.

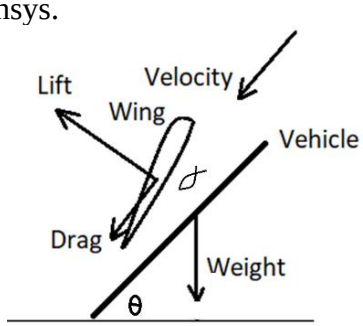


Figure 2. Forces Acting on the UAV During Climbing

To calculate the lifting force,

$$L_i = \frac{1}{2}\rho V_i^2 C_l A_i \tag{1}$$

and for the drag force,

$$D_i = \frac{1}{2}\rho V_i^2 C_d A_i \tag{2}$$

where,

$$A_i = A sin\theta_i \tag{3}$$

ρ=1.25 kg/m^3, θ_i was calculated by the Equation 18;

$$\theta_i = tan^{-1}\frac{v_y}{v_x} \tag{4}$$

So, the motion equations are;

$$\sum F_x = m\frac{dV_x}{dt}; \quad \sum F_x = -Lsin\theta - Dcos\theta \tag{5}$$

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

$$\sum F_y = m\frac{dV_y}{dt}; \quad \sum F_y = Lcos\theta - Dsin\theta - W \tag{6}$$

And to obtain the flight trajectory equations,

$$\frac{dy}{dx} = \frac{V_y}{V_x} \tag{7}$$

Equation 7 was used.

V_x, V_y, θ, L, D values vary with time.

C_l and C_d values were determined by CFD.

$$\frac{V_{yi}}{V_{xi}} = \frac{(L_{i-1}cos\theta_{i-1} - D_{i-1}sin\theta_{i-1} - W)\frac{\Delta t}{m} + V_{yi-1}}{(-L_{i-1}sin\theta_{i-1} - D_{i-1}cos\theta_{i-1})\frac{\Delta t}{m} + V_{xi-1}}. \tag{8}$$

W is weight. $W = m \cdot g$ (9)

2.2 Computational Fluid Dynamics (CFD)

Ansys Fluent is a widely used CFD application program for calculating the aerodynamic forces and moments acting on an electromagnetically launched UAV. The program numerically solves the conservation equations governing fluid flow and can simulate the complex flows surrounding the UAV during launch. The wing, fuselage and tail dimensions of the UAV model are given in Figure 3. Dimensions of UAV: half of the wing is 1.1 m and the full wing length is 2.2 m. The length of the airfoil near the fuselage is 0.152 m and the length of the airfoil at the tip of the wing is 0.057 m. As shown in Figure 3, the length of the UAV is 1.1 m. The angle of attack of the wing is 8°. Length of the tail section is 0.255 m. The airfoil length of the tail section is 0.255 m. To calculate the moments, the center of gravity must first be determined. The center of gravity of the UAV is 0.5 m from the nose. Ansys Fluent computer package program was used to determine the center of gravity. The coordinates of the center of gravity are G (0, 0.02378, -0.5) in the XYZ coordinate system. NACA 0012 was used as airfoil. The wing is connected to the fuselage in the middle and has a design that narrows from the fuselage to the tip. The tail is designed as V-shaped. At high speeds, control efficiency becomes crucial to maintain maneuverability and stability. The V tail configuration can provide improved agility and response due to the interactive control between pitch and yaw. However, careful tuning of the control systems is required to manage the interactions and the link between pitch and yaw.

The dimensions of the fluid domain are 8 m in height, 10 m in length and 16 m in width, as shown in Figure 5. The distance from the front boundary area to the nose of the UAV is 2 m and from the rear boundary area to the nose is 8 m. After the flow field and geometry are finished, the flow field is divided into cells (mesh). 916 798 tetrahedral cells (mesh) were created in the flow field. Mesh independence study was done. Mesh quality, 'skewness',

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

'orthogonality' and 'aspect ratio' values were calculated and decided to be sufficient to obtain accurate results. Skewness values should be close to zero, orthogonality and aspect ratio values should be close to 1 (Figure 6). For this, the boundary conditions of the simulation, such as velocity and turbulence model, must first be determined. In this study, the k-epsilon standard turbulence model is used. In order to find the optimal launch speed, speeds of 30, 40, 50, 60 m/s were selected. Aerodynamic forces and moments were then calculated for these speeds (Figure 4). After the geometric model is completed, simulation parameters should be determined. Appropriate values should be selected taking into account the properties of the fluid, flight speed, atmospheric conditions and other important factors. These variables are critical to obtain accurate calculation results. After the start of the simulation, CFD uses an iterative process to calculate the behavior of the fluid. Aerodynamic forces (lift, drag) and moments (roll, yaw, pitch) acting on the surface of the UAV are calculated in this process. Once the aerodynamic forces and loads are calculated, this information can be used to optimize the UAV design and launch mechanism. Launch conditions can be modified to reduce aerodynamic loads and improve overall system performance. For example, the launch speed and angle can be adjusted to reduce the stress on the UAV during launch. Accurate assessment of these forces and loads is critical to guarantee the safety and performance of the system. This data can be used to improve the design and overall performance of the UAV and launch system.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

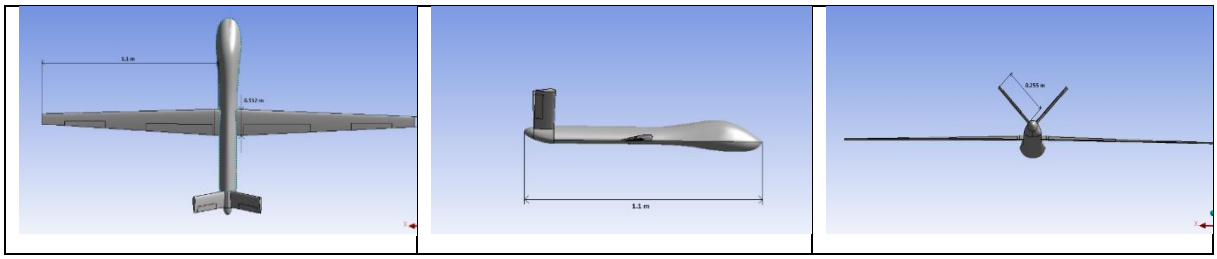


Figure 3. Dimensions of UAV (1.1 m, 1.1 m, 0.255 m)

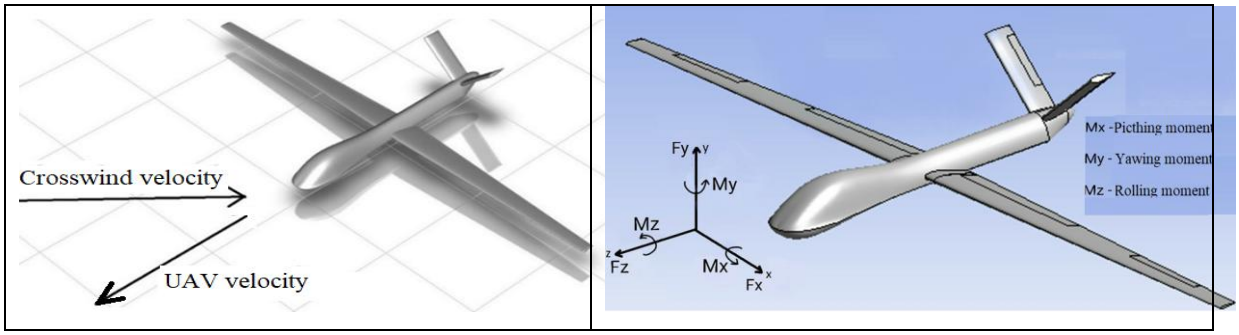


Figure 4. Crosswind Velocity, Forces and Moments on UAV

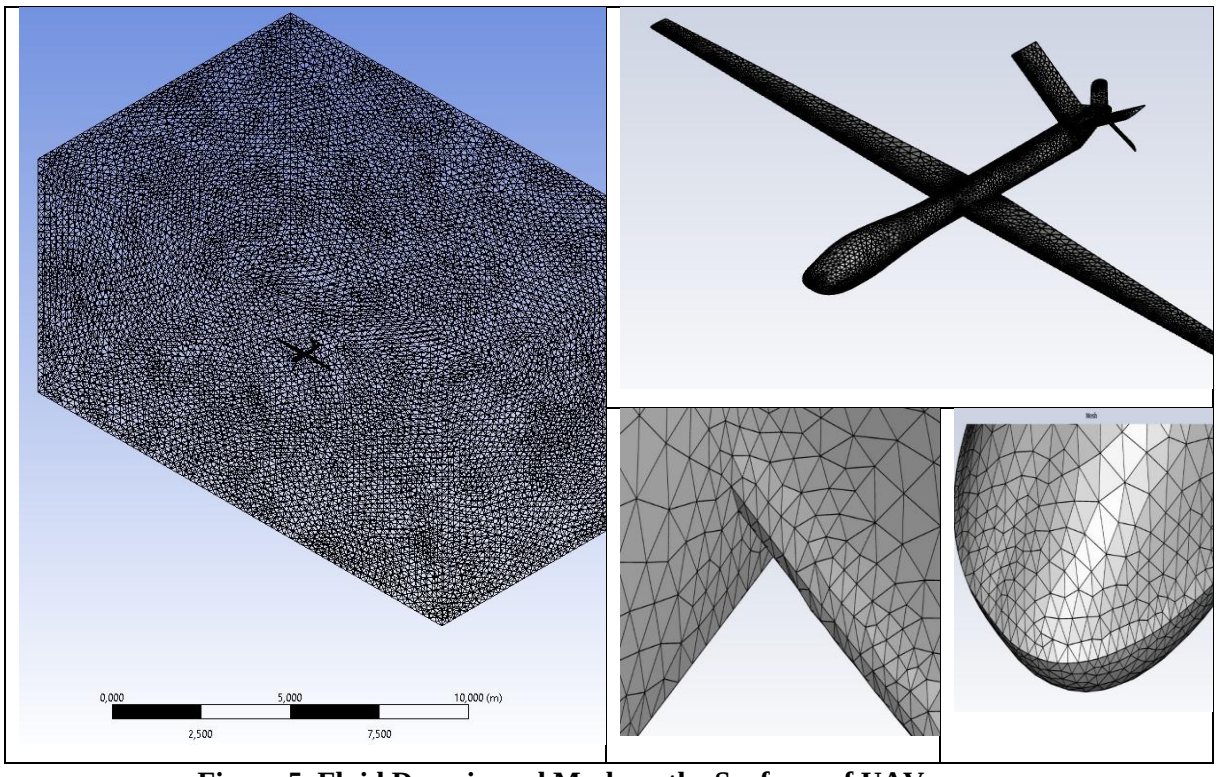


Figure 5. Fluid Domain and Mesh on the Surfaces of UAV

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

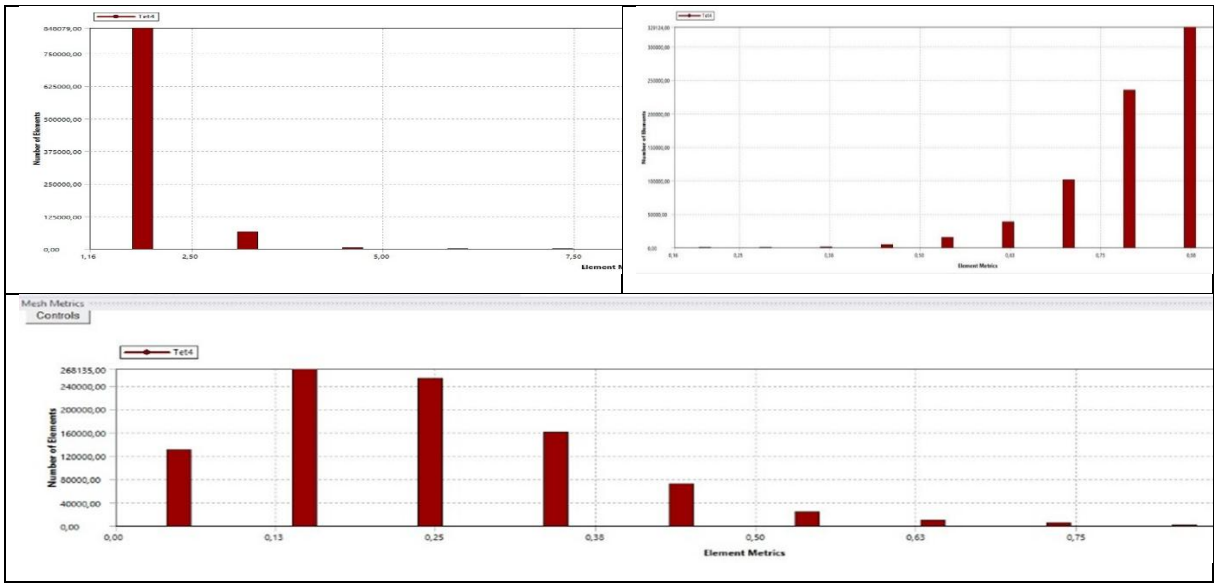


Figure 6. Mesh Quality (AR, Orthogonality, Skewness-Mesh Numbers)

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Climbing; mathematical calculation results

For the UAV launched with EFP, the height and distance traveled were calculated for different speeds, masses and launch angles without using engine power after take-off. Here, the aerodynamic properties of the UAV are taken according to CFD results. The goal is to reach the maximum height without using engine power. Launch speeds of 40 m/s for 5 kg, 50 m/s for 10 kg and 60 m/s for 20 kg were selected in accordance with the mass of the UAV. Figure 7 shows the height and distance traveled graphs for different launch angles.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

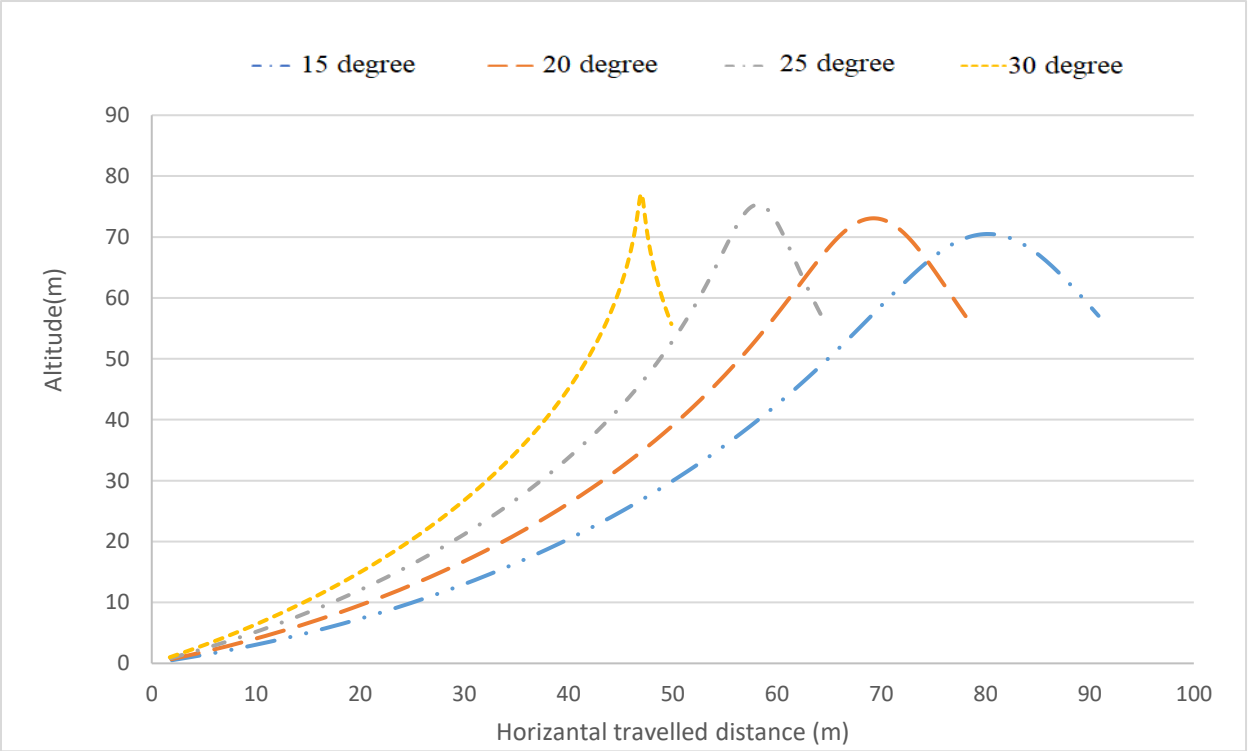


Figure 7. Altitude and Distance at 40 m/s Launch Speed

As can be seen in Figure 7, the maximum height and distance traveled by the UAV at 15°, 20°, 25°, and 30° angles for a flight speed of 40 m/s are calculated. When the launch angle increases, the maximum height reached increases while the distance traveled decreases. In this case, a high launch angle may cause the UAV to lose control when it reaches the maximum height. As can be seen in the graph, after reaching the maximum height at a launch angle of 30 degrees and a speed of 40 m/s, it descends sharply. Table 1 shows the maximum height reached and distance traveled at different launch angles for 40 m/s launch speed.

Table 1. Altitude, Horizontal Distance, Time for 40 m/s Launch Speed.

Angle	Altitude	Horizontal distance	Time
15°	70.49 m	80.38 m	4.8 s
20°	73.07 m	69.11 m	4.6 s
25°	75.31 m	58.14 m	4.5 s
30°	77.08 m	46.97 m	4.4 s

Figure 8 shows the height and distance traveled graphs at different launch angles for a launch speed of 50 m/s

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

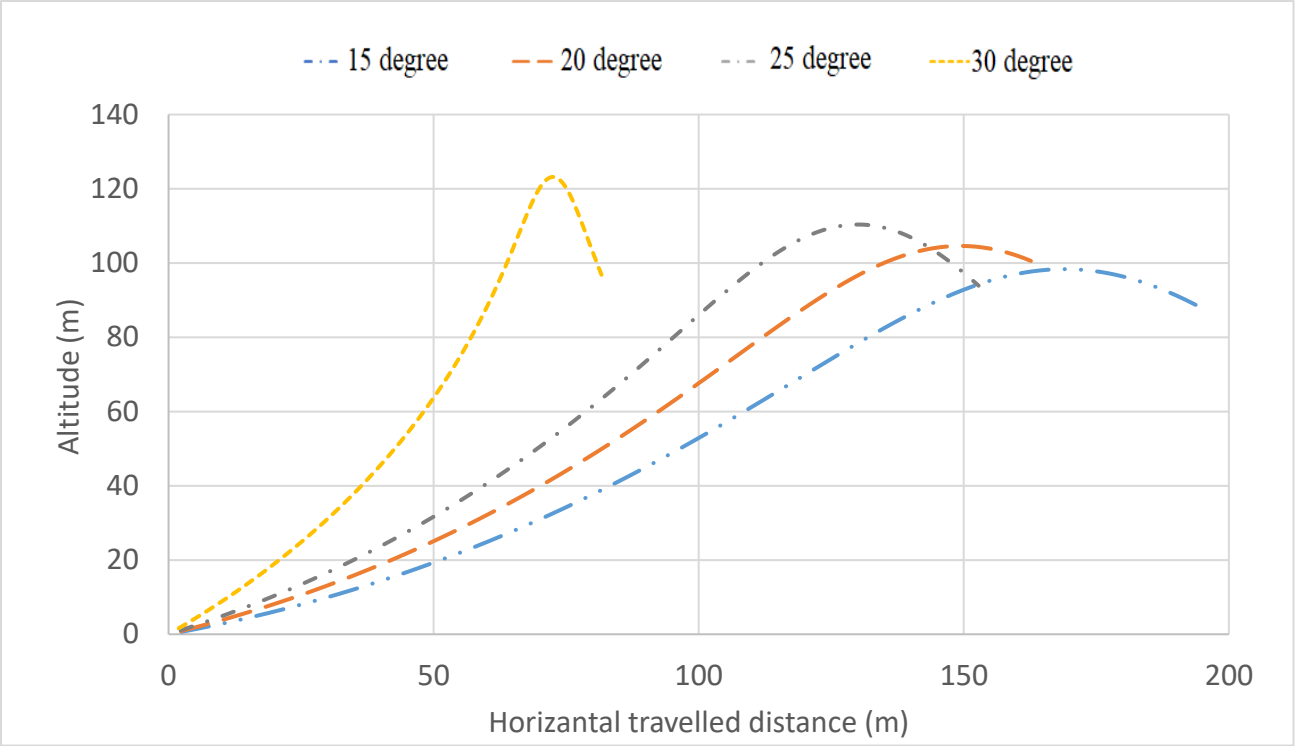


Figure 8. Altitude and Distance at 50 m/s Launch Speed

As shown in Figure 8. for a flight speed of 50 m/s, the maximum height reached by the UAV at angles of 15°, 20°, 25°, and 40°, and the distance traveled were calculated. The UAV mass here is 10 kg. As can be seen here, the maximum height reached and distance traveled increased compared to the launch speed of 40 m/s. As can be seen in the graph, when the launch angle is 40 degrees at a speed of 50 m/s, after reaching the maximum height, it descends sharply. In this case, launching the UAV at angles of 40 degrees and above for a speed of 50 m/s will cause loss of control. Table 2 shows the maximum height and distance traveled.

Table 2. Altitude, horizontal distance, time for 50 m/s launch speed

Angle	Altitude	Horizontal distance	Time
15°	98.35 m	168.71 m	6.2 s
20°	104.6 m	149.17 m	6 s
25°	110.36 m	129.56 m	5.8 s
40°	123.16 m	72.66 m	5.5 s

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Figure 9 shows the altitude and distance traveled graphs at different launch angles for 60 m/s launch speed.

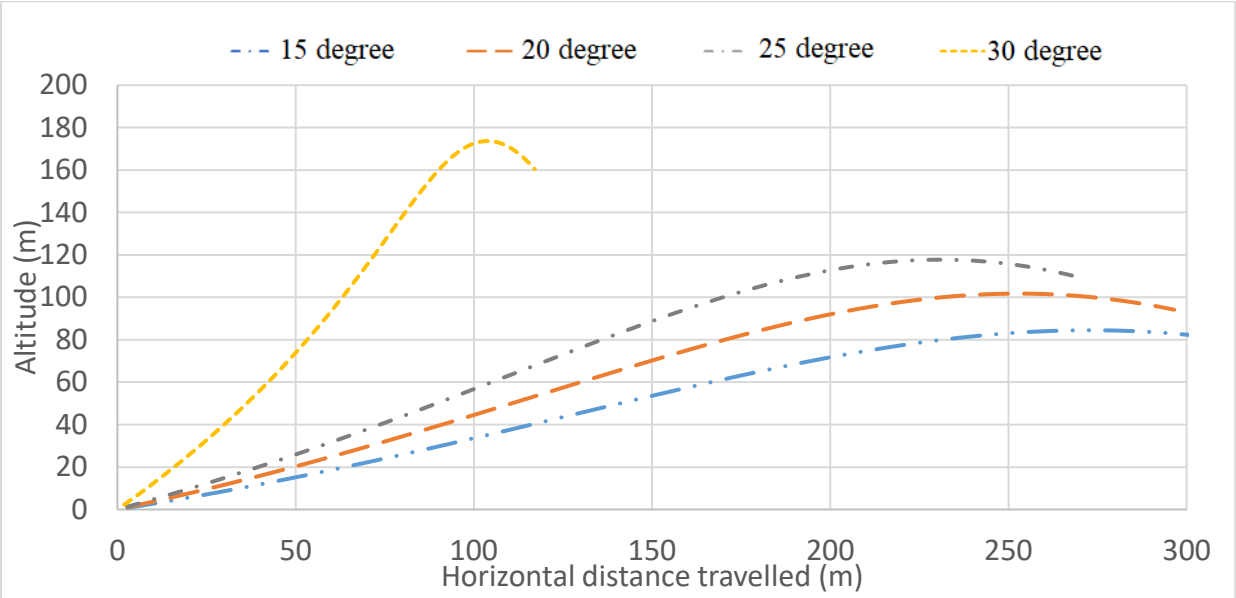


Figure 9. Altitude and Distance at 60 m/s Launch Speed

As shown in Figure 9, the maximum height and distance traveled by the UAV were calculated at angles of 15, 20, 25 and 50 degrees for a flight speed of 60 m/s. The mass of the UAV is 20 kg. Although the distance traveled here is different compared to the distance values of the UAV launched at 50 m/s, the height values are close to each other. As the UAV mass and launch speed increase, as seen in the graphs, the height does not change suddenly after reaching the maximum height until the launch angle of 50 degrees. This ensures that the UAV does not experience loss of control. When we look at similar studies in the literature, it is seen that the results are in the same trend [23]. Table 3 shows the maximum height and distance traveled. As seen in Table 3, as the launch angle increases, the maximum height reached increases and the distance traveled decreases.

Table 3. Height, Travelled Distance, Time for 60 m/s Launch Speed

Angle	Altitude	Horizontal distance	Time
15°	84.47 m	270.4 m	6.4 s
20°	101.74 m	253.46 m	6.4 s
25°	117.73 m	231.89 m	6.5 s
50°	173.64 m	103.63 m	6.3 s

3.2 CFD results

In order to determine the aerodynamic properties of the UAV, flow analyses were performed on the computer with Ansys Fluent simulation program. A simple 3D theoretical UAV design was drawn as a UAV model to be used in these flow analyses. In addition to normal flight simulations, the moments on the UAV and the side force on the UAV under the effect of the

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

angled wind coming from the front were calculated in the flow analyses. 'k-epsilon realizable' is used as the turbulence model. 'coupled' was chosen as the calculation method. Here, the angle of the wind given as frontal angle is 45 degrees. Figure 10 shows the flight and frontal angle wind directions of the UAV. As seen in Figure 10, the flight direction of the UAV is opposite to the Z axis and the frontal wind is on the Z and X axes. Figure 10 shows the direction of the moments. As can be seen in Figure 10, pitching on the X axis, yawing on the Y axis and rolling moment on the Z axis [22]. The forces along the X axis when there is a frontal angle wind are given in Figure 10. As can be seen in Figure 10, the side force generated under the effect of front-angled wind increases with increasing flight speed. In the UAV geometry, the control surfaces should be designed in a way to balance the forces generated in this case. Figures 10 show the moments on the UAV. Figure 10 shows the rolling moment on the UAV according to the flight speed. Here, it is seen that the roll moment is not affected much in the frontal angle wind effect. Figure 10 shows the yaw moments of the UAV according to the flight speed. As can be seen here, it is the yaw moment that is most affected when the UAV flies under the effect of frontal wind. Since the wind is angled sideways, it causes the UAV's flight direction to deviate.

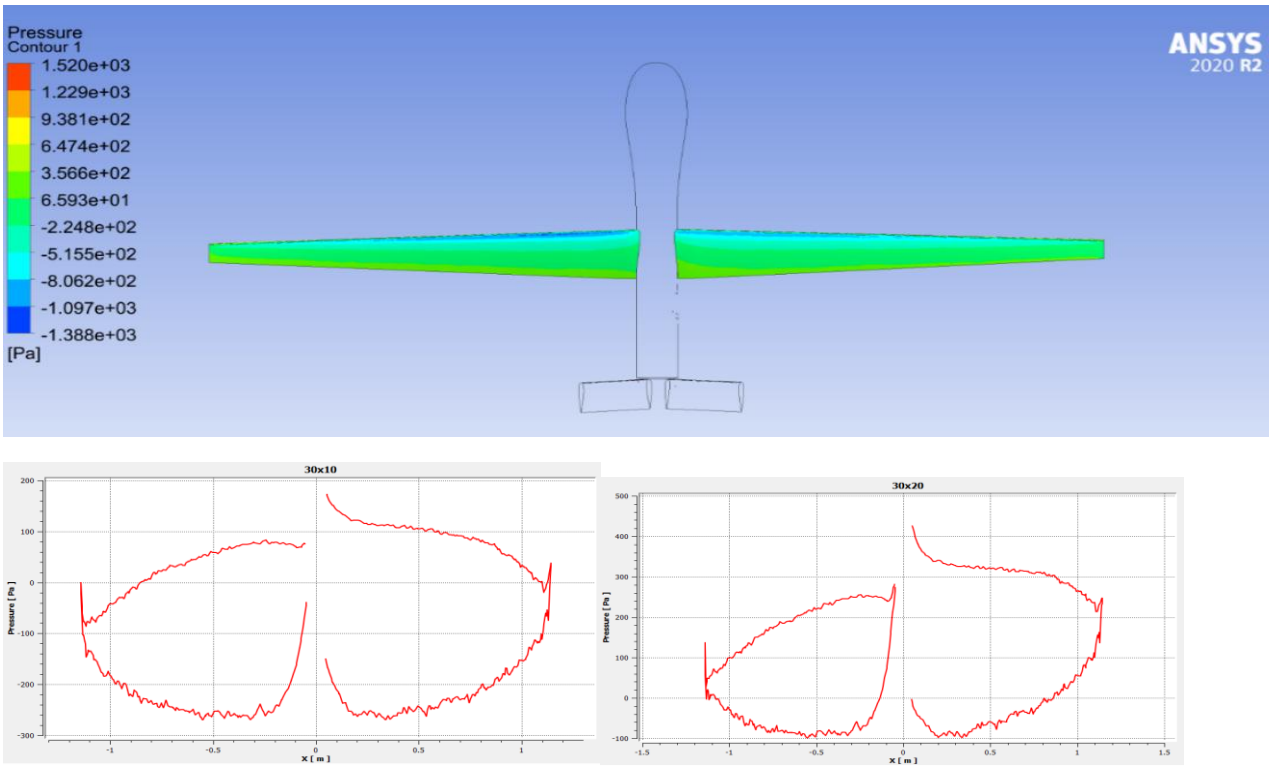


Figure 10. Force and Pitching Moment on UAV at 10 and 20 m/s (Crosswind Velocities)

a) Left one; UAV Velocity=30 m/s and Crosswind Velocity=10 m/s

b) Right one; UAV Velocity=30 m/s and Crosswind Velocity=20 m/s

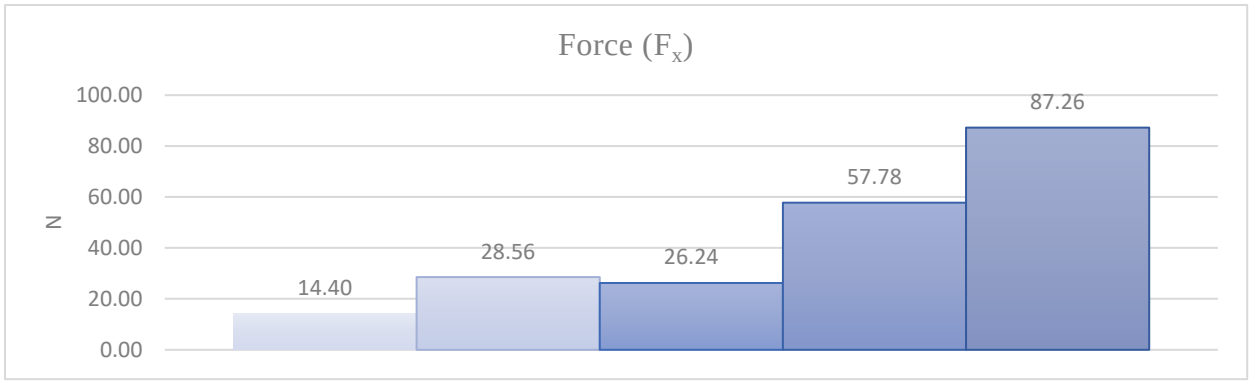
Figure 10 shows the pitching moment according to the flight speed. As can be seen here, when the flight speed increases, the pitching moment increases accordingly. In this case, in order to maintain the stability of the UAV, the tail geometry and tail control surfaces should be designed

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

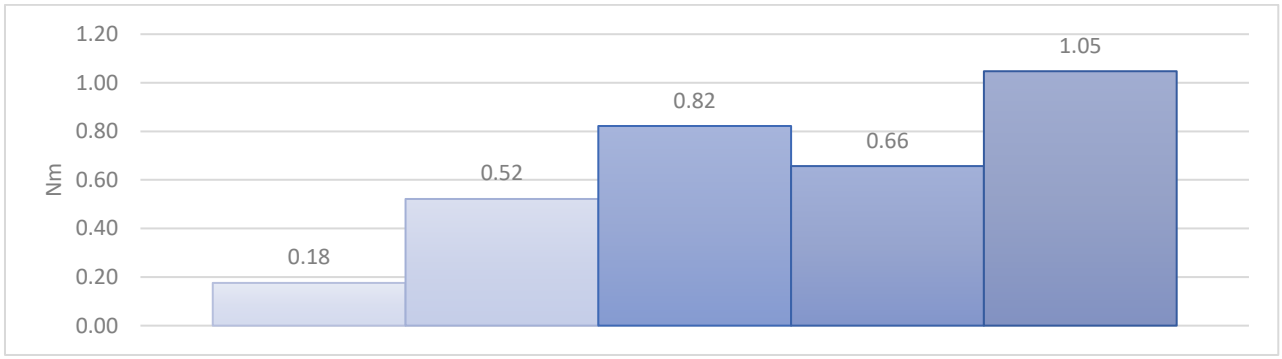
accordingly. Figure 10 shows the contour and graph of the pressure distribution on the wing of the UAV at 30 m/s flight speed and 10 m/s crosswind speed. Figure 10 shows the contour and graph of the pressure distribution on the wing at 30 m/s flight speed and 20 m/s crosswind speed for the wind effect.

As seen in Figure 10a, the pressure on the left side of the wing is lower than the right side. It is seen that the maximum pressure value on the wing is 1520 Pa and the minimum is -1388 Pa. Since there is low pressure on the upper surface of the wing and high pressure on the lower surface, lift force is generated. Figure 10 b shows the graph of the pressure distribution. The graph is cross-sectioned from one end to the other end at 30% of the wing. In the graph, the pressure values in the upper and lower surface area on the left side of the wing vary in the range of 80, -250 Pa, while on the right side of the wing these pressure values vary in the range of 250, -250 Pa. Here, it is seen that the symmetry of the pressure distribution in the wing is broken when flying under the effect of crosswind. Figure 10a clearly shows that this difference increases. At the same time, it is seen that the pressure range in the wing surface area increases.

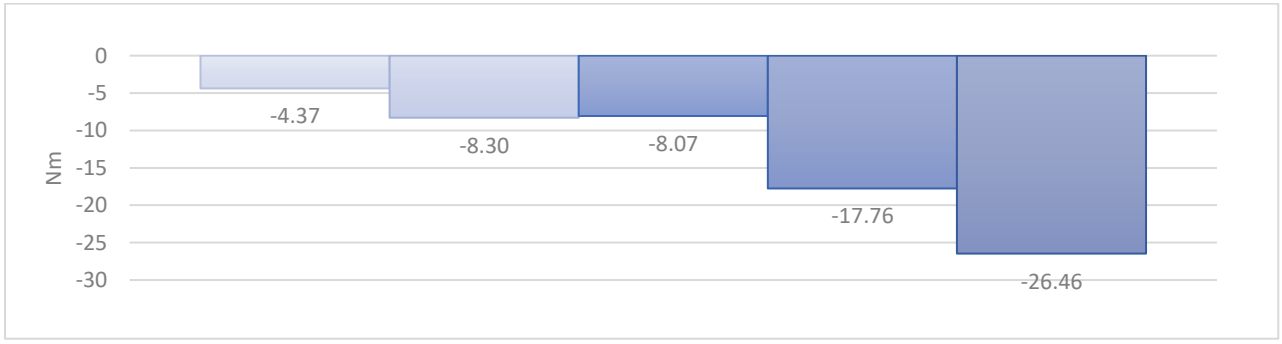
As a result of the CFD analyses, the distribution of aerodynamic forces and moments (Fx, rolling moment, yaw moment) generated on the UAV, particularly depending on the direction and speed components of the wind, was investigated. According to the results, the force value of 14.4 N generated at a launch speed of 30 m/s and a wind angle of 10 m/s reached 87.26 N as the wind speed increased to 30 m/s. Similarly, the roll moment increased from 0.18 Nm to 1.05 Nm, and the yaw moment increased from 4.37 Nm to 26.46 Nm. These findings demonstrate that aerodynamic instabilities can reach significant levels under high-speed and angled wind conditions, and control systems must be optimized accordingly (Figure 11).



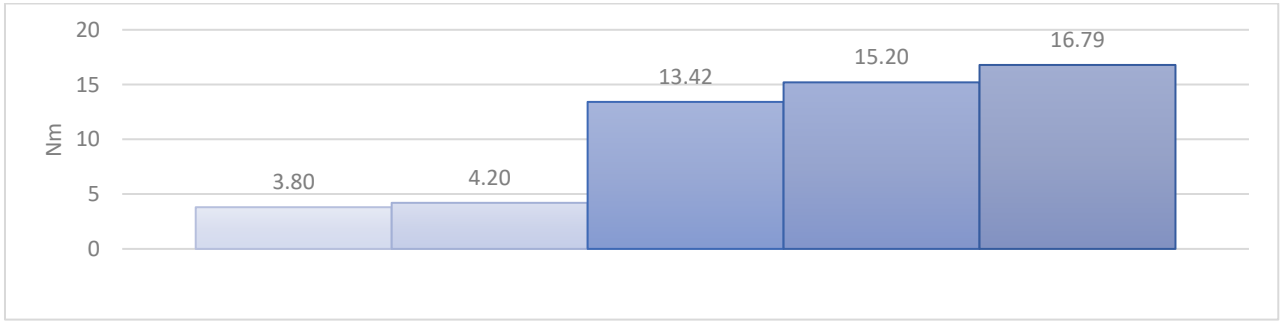
Rolling Moment



Yawing Moment



Pitching Moment



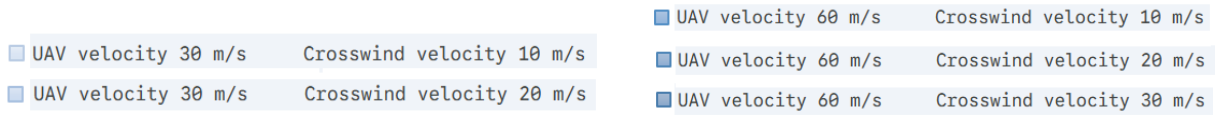


Figure 11. Force and Rolling, Yawing and Pitching Moments on UAV Determined by CFD

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

4. CONCLUSION

In this study, the effects of the exit trajectory, horizontal distance covered, maximum exit height, and exit angle on the aerodynamic stability of unmanned aerial vehicles (UAVs) launched with mechanical and electromagnetic launch systems were investigated using theoretical mathematical models and Computational Fluid Dynamics (CFD) analyses. The launch speeds of three different UAVs with masses of 5 kg, 10 kg, and 20 kg were calculated based on system parameters, and the effects of launch angle and initial speed on flight performance were evaluated. In the study, the climb motion without engine power was modeled using differential equations based on Newton's second law, and the UAV's speed and position changes over time were obtained.

Analyzes demonstrating the effects of launch angle indicate that, at launch speeds of 40–60 m/s, launch height increases with increasing angle, but horizontal distance traveled decreases. For example, at 50 m/s and a 15° angle, a maximum height of 98.35 m was achieved, while the horizontal distance was 168.71 m. At a 40° angle, a height of 123.16 m was reached, but the horizontal distance decreased to 72.66 m. This suggests that the launch angle should be optimized according to the mission type.

According to the findings, during a climb performed without using engine power at the initial speed obtained from the launch system, it was determined that the UAV could reach higher altitudes as the launch angle and speed increased. However, it was observed that there was a risk of loss of control at certain speeds and angles, negatively affecting flight stability. Data obtained from CFD analyses revealed that the pressure distribution on the wing surfaces under the angled effect of the wind from the front is not symmetrical, and the difference between the right and left sides increases significantly, especially at higher speeds. This causes increased roll and yaw moments, increasing the loads on the control surfaces. Therefore, with increasing flight speed, the UAV's geometry and aerodynamic structure must be more precisely optimized for strength and stability.

Furthermore, it was concluded that a UAV that takes off without engine power from a launch platform will have increased energy efficiency, longer endurance, and a greater payload. This eliminates the need for a runway, allowing the UAV to launch from various terrain conditions. However, increasing the practical applicability of electromagnetic launch systems will be possible by reducing overheating, vibration, wear on rail systems, and high-acceleration forces on the UAV. Future work is recommended to focus on optimizing control surface loads, improving climb and maneuvering performance, and experimental validation of the system. These analyses, supported by real-world flight tests, will contribute to making electromagnetic launch technology safer, more efficient, and more applicable.

In conclusion, while the theoretical applicability of electromagnetic launch systems to UAVs appears quite high, in practice, engineering issues such as structural strength, vibration, heat, and the durability of rail systems pose significant limitations. Nevertheless, with future advancements in materials and control systems, these technologies have the potential to create

launch platforms capable of reaching high speeds in short distances and with high energy efficiency. In this context, the results obtained in the study demonstrate that electromagnetic launch systems can significantly contribute to increasing the mission range of UAVs, reducing energy consumption, and providing alternative launch solutions, especially in cases of engine failure.

5. REFERENCES

[1] Settele, F. and Bittner, M., *Energy-optimal guidance of a battery-electrically driven airplane*, CEAS Aeronautical Journal, 11:111–124, 2020.

[2] Siqueira, J. C. C., *Modeling of Wind Phenomena and Analysis of Their Effects on UAV Trajectory Tracking Performance*, Graduate Thesis, West Virginia University, 2017.

[3] Emily, R. and Matthias, S., *Exploring the range of weather impacts on UAS operations*, Conference Paper, 2017.

[4] Nathan, J. E., *Review of railgun modeling techniques: the computation of railgun force and other key factors*, Master's Degree Thesis, University of Colorado, 2017.

[5] Umut, B., *Design of a high-speed decoy UAV*, Master's Degree Thesis, Middle East Technical University, 2016.

[6] Laurian, G., *An electromagnetic launch system for UAVs*, ResearchGate, 2012.

[7] Cox, T., *Enhancing Electromagnetic Launch Capability: Design of a motor system to launch large UAV's from small naval platforms*, PhD Thesis, PEMC Research Group, The University of Nottingham, 2017.

[8] Mirosław, K. and Leszek, A., *Concept of the magnetic launcher for medium class unmanned aerial vehicles designed on the basis of numerical calculations*, Journal of Theoretical and Applied Mechanics, 54 (1): 163-177, 2016.

[9] Hailong, W., Jingyu, Y., Zhijie, Z., Chen, L., Zhihao, Z., Guangliang, X., Bowen, Zh., Gang, W., *The design of lightweight UAV classification accelerating electromagnetic launcher*, Advances in Computer Science Research, 58, 2016.

[10] Zhiren, W., Jun, W., Shengjun, H., *A hybrid power system for unmanned aerial vehicle electromagnetic launcher*, AIP Conference Proceedings, 1971, 040011, 2018.

[11] Garrett, R. G., *Analysis of electromagnetic launcher design and modeling*, Master's Degree Thesis, California Polytechnic State University, 2016.

[12] Nihar, S. B., *Design and optimization of an electromagnetic railgun*, Master's Degree Thesis, Michigan Technological University, 2018.

[13] Jeff, M., Jordan, S., Alex, W., Guy, Z., *Design, fabrication, and testing of an electromagnetic rail gun for the repeated testing and simulation of orbital debris impacts*, Master's Degree Thesis, California Polytechnic State University, 2011.

[14] Bhaskar, S., Cuong, C. Q., Kai, G., *Optimizing battery life for electric UAVs using a Bayesian framework*, IEEE, 978-1-4577-0557-1, 2012.

[15] Pradeep, K. V., Satyam, S., Shivam, R., Gaurav, K., Nomula, A. P., Kishore, B. J., Taral, S. Y., Daniel, K. J., Suwarna, D., *Design and development of 4-MJ capacitor bank-based pulsed power system for electromagnetic launcher*, IEEE Transactions on Plasma Science, 47 (3), 2019.

[16] Ju, L., *Design and optimization of the pulsed power supply system used for electromagnetic railgun*, Zhong Yuan Research Institute of Electronics Technology, 2012.

[17] Hong-bin, X., Hui-ya, Y., Jian, Y., Ming-yu, G., *Research progress on advanced rail materials for electromagnetic railgun technology*, Defence Technology, 17: 429-439, 2021.

[18] McGuirk, J. S., *An electromagnetic railgun design and realization for an electrical engineering capstone project*, PhD Thesis, American Society for Engineering Education, 2016.

[19] Shizhong, L., Ronggang, C., Yu, Z., Jun, L., *Performance Analysis of Electromagnetic Railgun Launch System Based on Multiple Experimental Data*, IEEE Transactions on Plasma Science, 47 (1), 2019.

[20] Thomas, G. E., *The high-efficiency mode of electromagnetic launcher operation*, IEEE Transactions on Plasma Science, 48 (4), 2020.

[21] Yong, H., Yongchao, G., Guishan, G., Yexun, L., Xu, Q., Bing, W., Shengyi, S., *Efficiency analysis of an electromagnetic railgun with a full circuit model*, IEEE Transactions on Plasma Science, 38 (12), 2010.

[22] Internet: Technical Aviation, *Aircraft Motion Axes*, http://slonder.tripod.com/kumanda/kumanda.htm (Accessed: 2025).

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

[23] Muliadi, J., *An empirical method for the catapult performance assessment of the BPPT developed UAVs*, Journal of Physics: Conference Series, 1130, 2018.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

MECHANICAL BEHAVIOR OF STRUCTURAL COMPONENTS RIB-STIFFENED WITH PERIODIC AND NON-PERIODIC LATTICE STRUCTURES

Res. Asst., AHMET DAYANÇ

Kutahya Dumlupinar University,

ahmet.dayanc@dpu.edu.tr - 0000-0002-5214-9021

Prof. Dr., İSMET ÇELİK

Kutahya Dumlupinar University,

ismet.celik@dpu.edu.tr - 0000-0002-6564-0880

ABSTRACT

This study investigates the mechanical behavior of a thin-walled tubular load-bearing component equipped with external rib-stiffeners realized by periodic and non-periodic lattice structures. Four different design configurations are considered: a plain tube without stiffening, a tube rib-stiffened with a periodic lattice, a tube rib-stiffened with a non-periodic Voronoi lattice, and a configuration in which the tube wall itself is transformed into a lattice structure. The geometries are generated using implicit modeling, enabling systematic variation of lattice topology and relative density while keeping the overall body comparable.

Linear finite element analysis (FEA), based on small-strain linear elasticity, is employed to simulate the structural response under axial compressive loading. For each configuration, the von Mises stress distribution and the displacement field are computed and compared. Here, von Mises stress is used as a scalar equivalent stress measure suitable for assessing the intensity of multiaxial stress states in ductile materials, while displacement denotes the global and local deformation of the structure under load. Periodic lattice structures are defined as assemblies of regularly repeating unit cells, whereas Voronoi lattice structures arise from Voronoi tessellation, leading to irregular, non-periodic cell morphologies.

The overall aim of the study is to establish a numerical framework for comparing these alternative stiffening strategies and to provide mechanics-based guidelines for topology selection and preliminary sizing of rib-stiffened, lattice-based tubular components in weight-critical engineering applications. In this context, external ribs denote discrete stiffeners attached to the outer surface of the tube, and lattice structure refers to an open-cell three-dimensional network of interconnected struts.

Keywords: Periodic Lattice**,** Rib-Stiffened Parts**,** Voronoi Surface Lattice

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

INTRODUCTION

Depending on their field of application, thin-walled tubular components may require additional stiffening in order to safely carry the mechanical loads to which they may be subjected, for example in weight-sensitive applications such as aerospace. Although conventional stiffening solutions can increase load-bearing capacity, they often result in a significant weight penalty. Therefore, in recent years, as one of the advantages of additive manufacturing, an approach that aims to improve structural performance with minimal weight increase has come to the forefront, particularly through the integration of complex lattice structures into load-carrying components. Owing to advances in additive manufacturing technologies, lattice structures can now be directly integrated into structural components with complex geometries, and such designs can be manufactured. In this study, the effect of externally applied rib-stiffeners on the mechanical behavior of a thin-walled tube is investigated in a comparative manner. The geometries were generated using nTop, an implicit modeling-based software. The implicit modeling approach defines lattice structures through implicit equations, thereby enabling the topology and relative density of the geometry to be created and modified rapidly and systematically. In this way, by keeping the lattice topology (e.g., periodic and non-periodic) and various parameters under control, comparable geometries have been obtained for four different design configurations. The plain tube (without stiffeners) corresponds to a thin-walled hollow tube with no external stiffening element and is taken as the reference/baseline case. The periodically lattice-ribbed tube is a configuration in which lattice ribs composed of periodic unit cells of the simple cubic type are added to the outer surface [1]. The non-periodic Voronoi lattice-ribbed tube is a tubular structure whose outer surface is stiffened by ribs formed from a stochastic lattice topology based on Voronoi tessellation. Finally, in the fully lattice-walled tube configuration, the tube wall is completely transformed into a lattice structure and does not contain a continuous shell; the load-bearing member consists solely of an open-cell lattice. These designs were selected to investigate how different lattice types and stiffening strategies affect the structural response of the tube under identical loading conditions. The assessment is based on two primary outcome measures: von Mises stress distribution and displacement. Von Mises stress is an equivalent stress measure widely used for ductile materials, enabling the severity of multiaxial stress states to be expressed by a single scalar quantity. Displacement, on the other hand, reveals the global and local deformation characteristics of the structure and, indirectly, its stiffness. The aim of this study is to establish an analysis framework that enables the numerical comparison of the four alternative design strategies in question and, in particular, to propose a mechanics-based design approach, in terms of topology selection and preliminary sizing, for lattice-based rib-stiffened tubular components in engineering applications that can be manufactured by additive processes.

MATERIALS AND METHODS

All geometries, except for the reference plain tubular model, were generated using the nTop software, which employs implicit modeling technology [2]. In this context, various function blocks such as “Cell Map from CAD Face”, “Graph Unit Cell”, and “Periodic Lattice” were combined in order to map lattice structures onto the outer surface of the tube geometry and to construct the ribs [3]. By means of the reference CAD model and these function blocks, the

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

four design configurations were systematically established. For the periodic lattice-ribbed design (Design 2), a simple cubic unit cell type was selected, and this cell was mapped along the tube surface to form a continuous ribbed lattice structure. For the non-periodic lattice-ribbed design (Design 3), a stochastic lattice topology with irregular cell morphology was generated using Voronoi tessellation [4]. In both ribbed designs, the rib height (the outward height from the tube surface) and rib thickness (lattice beam diameter) parameters were assigned identical and constant scalar values. In this way, after keeping those parameters identical between the periodic and non-periodic lattice designs, a comparison could be made purely in terms of topological differences. In the fourth design (fully lattice wall), the solid shell of the tube was completely removed, and the tube wall was converted throughout its length into a Voronoi-type open-cell lattice structure. Figure 1 below presents the four different design configurations.

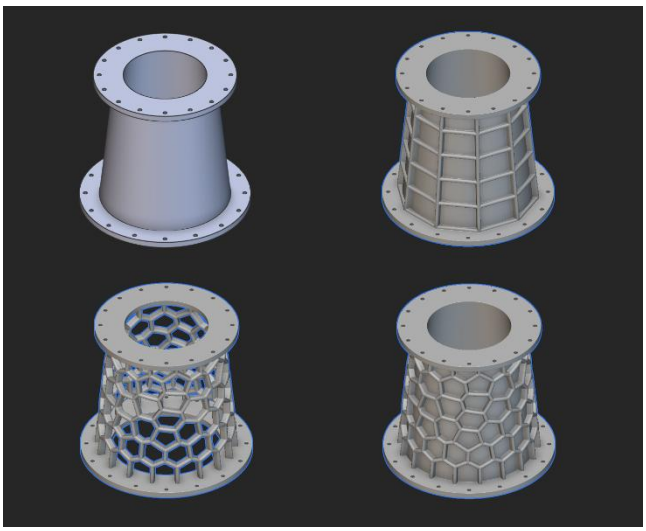


Figure 1: Design Configurations

Thanks to implicit modeling, this entire process allowed for the rapid creation and comparison of the geometries. For each design configuration, a linear static finite element analysis (FEA) was performed. The material definition for the tube and lattice structures was specified as an isotropic, linear elastic, ductile metal [5]. In order to accurately capture the lattice beam details and stress concentrations in some thin-walled regions, a high-quality mesh was generated for each geometry using element sizes with appropriate and identical edge length. Mesh density and mesh element quality metrics were maintained at comparable levels across all configurations, thereby aiming to ensure that the comparison between different designs would not be affected by mesh dependency. In terms of boundary conditions, a displacement restraint was applied to the lower flange surface, fully constraining this surface in all degrees of freedom (fully clamped support condition). On the upper flange surface, a resultant vectorial load was applied so as to induce both axial tension and shear. By choosing the force vector to be inclined with respect to the tube axis, a combined loading state was generated on the tube and the lattice ribs. In this way, the response of the lattice ribs to a multiaxial stress state could be examined. The magnitude of the applied load was selected such that, in the baseline (unstiffened) tube design, the resulting stresses and displacements would not cause the material to reach its yield strength. Thus, all analyses remained within the limits of linear elasticity. Following the analysis, von Mises stress distributions and displacement values were obtained for each

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

configuration. Since von Mises stress represents a multiaxial stress state with a single equivalent stress value, it is suitable for assessing the onset of yielding in ductile materials. Displacement, and in particular the maximum displacement at the load application region, can indicate the effective stiffness of the structure. Under the same load, a lower displacement value points to a stiffer design with higher load-carrying capacity. For each configuration, the maximum von Mises stress and maximum displacement values were recorded. In addition, the stress distribution patterns were examined qualitatively. The resulting data provide a basis for comparing the structural efficiency of the plain tube with the lattice-ribbed and fully lattice-walled designs.

RESULTS AND CONCLUSIONS

For the reference design, namely the thin-walled plain tube without any external stiffening element, linear finite element analysis results indicate that the maximum displacement is approximately 165 μm and the maximum von Mises stress is approximately 83 MPa. Stress concentrations are mainly localized in the tube wall at the junction regions of the lower and upper flanges and along the flange–tube transition line, forming long, horizontally oriented bands.

In the periodically lattice-ribbed tube, i.e., Design 2, in which a periodic “simple cubic” ribbed lattice is added to the outer surface, the structural stiffness increases, and the maximum displacement decreases to approximately 144 μm, corresponding to about a 13% reduction relative to the plain tube. This reduction demonstrates that the periodic lattice rib effectively participates in the load-carrying process and assumes a portion of the deformation that would otherwise occur in the tube wall. In contrast, the maximum von Mises stress rises to approximately 116 MPa, and although the long, horizontal stress bands covering large areas on the tube surface are significantly reduced, pronounced local concentrations develop particularly in the ribbed lattice–flange connection regions. Despite these concentrations at the anchorage points where the lattice struts are attached to the flanges, the load is observed to be transmitted along certain aligned strut paths in a non-uniform manner throughout the periodic lattice.

The non-periodic Voronoi lattice-ribbed Design 3 exhibits the best performance in terms of stiffness and load distribution. The maximum displacement is approximately 135 μm, representing an improvement of about 18% compared to the baseline design. This may be interpreted as the Voronoi lattice rib responding more effectively to load vectors acting in different directions. Although the maximum von Mises stress, at approximately 130 MPa, is somewhat higher, the stress is observed to be distributed more widely and homogeneously over the Voronoi lattice struts. It is considered that the irregular cell morphology enables a more favorable load-carrying behavior as the resultant load is transferred through a large number of differently oriented struts. However, as in the periodic lattice design, pronounced stress concentrations again occur at the anchorage points in the rib–flange connection regions, and for cases in which the material may approach its yield strength, these regions are deemed to require optimization through local geometric refinements.

In the fourth configuration, the fully lattice-walled tube (non-shell Voronoi lattice), where the solid wall of the tube is completely removed and only the Voronoi-type lattice load-bearing

structure remains, the load-carrying capacity of the structure is observed to decrease markedly. The maximum displacement reaches approximately 1.8 mm and the von Mises stress attains a level of about 1200 MPa, which are substantial values compared to the shell-based designs. Such high displacement and von Mises stress values indicate insufficient stiffness to keep the material within the elastic range and, in practice, point to plastic deformation. In the absence of a continuous shell, the open-cell lattice exhibits a low-stiffness response, especially under combined loading effects. This finding shows that using lattice structures alone, without a shell, as the primary load-carrying member involves serious limitations in terms of stiffness and stability.

The comparative analysis of the four configurations yields the following conclusions for lattice-reinforced tubular structures: external lattice ribs (periodic or Voronoi) significantly increase the stiffness of the thin-walled tube and markedly reduce displacement levels. This increase in stiffness, however, is achieved at the expense of elevated local stresses, particularly in the rib–flange connection regions, where design optimization appears to be critical. The Voronoi (stochastic) lattice has proven more advantageous than the periodic lattice in terms of stiffness enhancement and the widespread distribution of stress throughout the lattice, offering a more homogeneous load-carrying behavior under multiaxial loading. The poor performance of the non-shell lattice-walled tube indicates that the complete removal of the shell is not advisable and that lattice structures should preferably be used in conjunction with at least a thin shell, which provides a more suitable solution from the standpoint of stiffness and stability.

REFERENCES

[1] J. Walles, “What types of graph lattices are available? – nTop Support.” Accessed: Dec. 10, 2025. [Online]. Available: https://support.ntop.com/hc/en-us/articles/1500003199862-What-types-of-graph-lattices-are-available

[2] nTop, “Implicits and fields for beginners.” Accessed: Nov. 09, 2025. [Online]. Available: https://www.ntop.com/resources/blog/implicits-and-fields-for-beginners/

[3] J. Walles, “How to create a periodic lattice.” Accessed: Dec. 10, 2025. [Online]. Available: https://support.ntop.com/hc/en-us/articles/360050828294-How-to-create-a-periodic-lattice

[4] “Voronoi diagram - Wikipedia.” Accessed: Dec. 10, 2025. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Voronoi_diagram

[5] nTop Support, “How to create a Simulation Model.” Accessed: Dec. 10, 2025. [Online]. Available: https://support.ntop.com/hc/en-us/articles/360038337054-How-to-create-a-Simulation-Model

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

STATIC ANALYSIS OF STOCHASTIC DELAUNAY AND VORONOI LATTICES DERIVED FROM AN IDENTICAL SEED POINT DISTRIBUTION AND THICKNESS PARAMETER

Res. Asst., AHMET DAYANÇ

Kutahya Dumlupinar University,

ahmet.dayanc@dpu.edu.tr - 0000-0002-5214-9021

Prof. Dr., İSMET ÇELİK

Kutahya Dumlupinar University,

ismet.celik@dpu.edu.tr - 0000-0002-6564-0880

ABSTRACT

This study investigates the static mechanical response of stochastic Delaunay and Voronoi lattice structures generated from an identical seed point distribution and uniform thickness parameter. Lattices are constructed by an implicit modelling workflow in which pseudorandom and Worley noise–based function blocks control the spatial distribution and connectivity of struts and cells within the design volumes. Using linear static finite element analysis, element-wise von Mises stress and nodal displacement fields are obtained and compared for both topologies under equivalent boundary and loading conditions.

In the adopted formulation, Delaunay lattices are formed by connecting neighbouring seed points to create a strut-based network, whereas Voronoi lattices are obtained from the dual tessellation that defines closed polyhedral cells. Consequently, Delaunay systems exhibit predominantly stretch-dominated behaviour with higher connectivity, while Voronoi systems tend towards bending-dominated response with more heterogeneous cell sizes and orientations.

The numerical results are discussed in terms of global stiffness, maximum stress concentrations and displacement patterns, highlighting the influence of lattice topology on load transfer in additively manufacturable cellular materials. The study demonstrates that, for a fixed seed distribution and thickness parameter, the choice between Delaunay and Voronoi constructions can lead to markedly different mechanical performance, and it illustrates the capability of implicit, noise-driven design and analysis tools to generate and systematically evaluate stochastic lattice structures for lightweight structural applications.

Keywords: Stochastic, Delaunay Lattices, Voronoi Lattices

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

INTRODUCTION

Stochastic lattice structures are a type of lattice distinct from periodic lattices, in which a fully solid volume is replaced by a lightweight architecture containing porous voids composed of randomly arranged beams and cells. In this study, two types of stochastic lattices (Voronoi lattices and Delaunay lattices) were designed by means of an implicit modeling approach using the nTop software, and their mechanical behavior was compared [1]. Unlike conventional CAD modeling (boundary-representation technology), implicit modeling technology constructs geometries using signed distance fields. This makes it possible to rapidly design highly complex and stochastic lattices. The approach eliminates impractical workflows such as individually modeling thousands of distinct beams and lattice cells within a CAD environment, and it also removes potential error sources arising from complex Boolean operations on geometries. Special function blocks available in nTop can generate stochastic lattices within a prescribed design volume by employing Worley noise and pseudorandom algorithms. Delaunay lattices are strut-based networks formed by connecting randomly distributed seed points to their neighbors. This procedure essentially corresponds to performing a Delaunay tessellation on the given point set. In three dimensions, it produces a Delaunay tetrahedral network that fills the volume, whose edges can be interpreted as struts. Voronoi lattices, in turn, can be derived from the dual tessellation of the same set of seed points [2]. Each seed point defines a Voronoi cell (a polyhedral region) around itself. The intersection surfaces between adjacent cells and the edges of these surfaces are defined as the struts of the Voronoi lattice. In summary, whereas Delaunay lattices are open-frame lattices that emphasize the connections between points, Voronoi lattices represent the skeleton of closed polyhedral cells formed by the same points. The topology of these two architectures is fundamentally different. The Delaunay architecture forms dense triangular connections, whereas the Voronoi architecture consists of irregular polyhedral cells. These topological differences also have a decisive influence on mechanical behavior. Since the Delaunay lattice has a higher number of connections per node, it largely exhibits a stretch-dominated behavior. In contrast, Voronoi lattices, with fewer connections per node and irregular cell geometries, are predominantly bending-dominated. According to Maxwell's criterion, the Delaunay lattice is relatively overconstrained (overconnected) and therefore stiffer, whereas the Voronoi network possesses more freedom for bending [3]. Consequently, for the same relative density, Delaunay lattices are expected to exhibit higher stiffness and strength than Voronoi lattices. To test this, both lattice types were generated using the same beam thickness and the same randomly generated seed point distribution, and their structural responses under identical loading conditions were compared. Thanks to nTop's implicit modeling tools, it was possible to generate both Voronoi and Delaunay lattices from a single point distribution, thereby enabling a systematic investigation of the influence of topological differences on mechanical performance.

MATERIALS AND METHODS

To ensure a controlled comparison, the Voronoi and Delaunay lattices were generated within the same design volume and using the same basic input parameters. First, a set of seed points that would stochastically fill the volume was generated. Using nTop's function blocks based on Worley noise and pseudorandom algorithms, the seed points were randomly distributed

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

throughout the design volume. In this way, an identical seed point distribution usable for both the Voronoi and Delaunay lattices was obtained. Both lattice architectures were thus derived from exactly the same set of point coordinates. The use of the same seed point set ensured that geometric differences arose solely from the connectivity schemes (Delaunay vs. Voronoi), thereby eliminating the influence of the point distribution. In addition, for both lattice designs, a scalar thickness input parameter defining the beam thickness was assigned the same value. Thus, apart from the effects arising from topology, all lattice parameters were kept identical for the two configurations.

To generate the Delaunay lattice in nTop, a function block based on Delaunay tessellation was employed [4]. This function block automatically connected each point to its neighboring points, thereby producing a point–edge graph in which each edge corresponds to a strut. Since the Delaunay algorithm provides a unique tetrahedralization of the point set in three dimensions, the resulting lattice constitutes a stochastic lattice system capable of filling the entire volume. To construct the Voronoi lattice, the same points were used as seed points in the input of a different function block that generates a Voronoi diagram. The corresponding function block defined a Voronoi cell (polyhedral region) around each seed point and then computed the intersection surfaces between neighboring cells and the edges of these surfaces. These resulting edges form the strut skeleton of the Voronoi lattice [5]. By subsequently thickening this skeletal framework, a lattice structure composed of struts that delineate the polyhedral cells is obtained. For both lattice architectures, any parts extending outside the design volume were trimmed, ensuring that the lattices remained confined within the boundaries of the design domain. By using the same seed point set and the same thickness value, lattice topology remained as the only varying parameter in the comparison. Figure 1 below illustrates the Voronoi Lattice, the Conformal Voronoi lattice and the Delaunay lattice designed within the scope of this study.

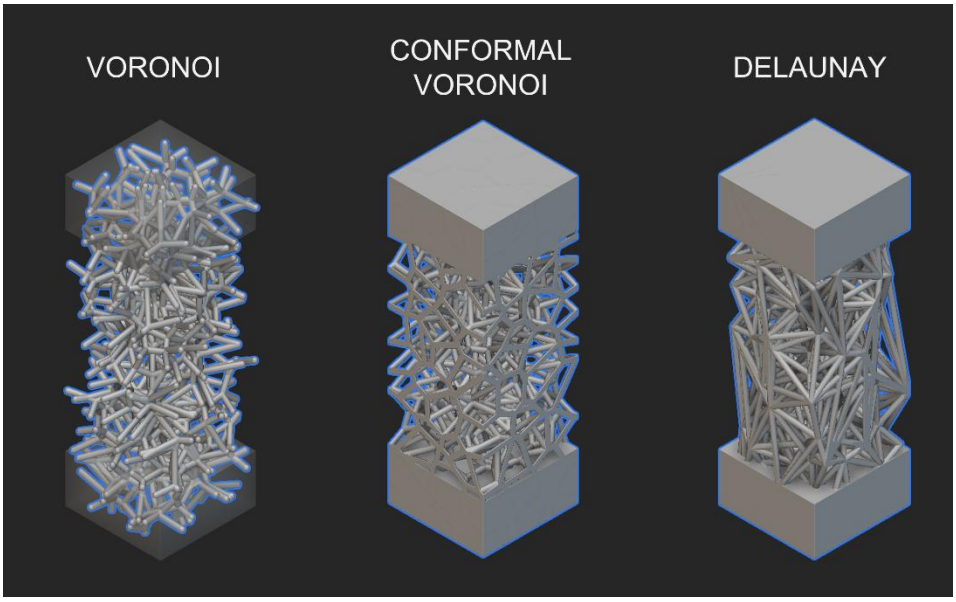


Figure 1: Voronoi Lattice, Conformal Voronoi Lattice, Delaunay Lattice

The designed lattice structures are also manufacturable by additive manufacturing. In the final stage, linear static finite element analysis (FEA) was conducted to evaluate the mechanical performance of each lattice. The Voronoi and Delaunay lattice geometries were converted into

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

suitable finite element meshes and analyzed under the same boundary conditions and external loading. In both analyses, the same linear elastic material model was assigned to the lattice structures. A displacement restraint was imposed on all degrees of freedom at the bottom surface of the lattices, while a static load was applied to the top surface. The loading scenario was identical for both lattices. As a result of the analysis, displacement and von Mises stress values were obtained for each lattice structure and compared with one another. The weight of the structures was also taken into account in the comparison of the results. In this way, the relative changes in displacement and von Mises stress could be compared as a function of the change in weight. Consequently, the influence of the topological differences between the Voronoi and Delaunay lattices on structural strength could be quantitatively assessed. Since thickness, seed point distribution, material properties, load magnitude, and similar parameters were kept constant, the observed performance differences are attributed solely to topology (stretch-dominated vs. bending-dominated architecture).

RESULTS AND CONCLUSIONS

Finite element analysis results showed that, despite being generated from the same set of points and with the same thickness value, there are pronounced differences in the mechanical performance of the Voronoi and Delaunay lattices. In terms of stiffness, the Delaunay lattice exhibited much lower deformation under the applied load. In the Delaunay lattice, the maximum displacement was approximately 15.1 μm, whereas under the same loading conditions the maximum displacement in the Voronoi lattice reached 34.6 μm. This result indicates that the Delaunay lattice is significantly stiffer than the Voronoi lattice, even though it uses only a slightly larger amount of material (the Voronoi lattice is approximately 15% lighter). The stress distribution also differed substantially between the two topologies. In the Voronoi lattice, von Mises stress values over the part were concentrated in the range of approximately 50–55 MPa, whereas in the Delaunay lattice the stress levels along the struts remained on the order of 15 MPa. Under the same loading, the topology of the Delaunay lattice not only resulted in higher stiffness but also led to much lower stress concentrations. The load is distributed relatively homogeneously through the well-connected tetrahedral network, and critical accumulations in stress concentrations do not occur. In the Voronoi lattice, however, the heterogeneity in cell sizes and orientations, together with the lower number of connections, increases local stresses and amplifies the global deformation. This behavior is also consistent with the characteristics of a bending-dominated architecture. The findings obtained are in agreement with theoretical expectations for stretch-dominated and bending-dominated lattices. Stretch-dominated architectures (such as the Delaunay lattice) provide higher specific stiffness and strength than bending-dominated architectures at comparable density. Accordingly, both stresses and displacements are reduced in the Delaunay lattice. The Voronoi lattice, although topologically lighter (with approximately 15% lower mass), sacrifices stiffness to a significant extent. Because the cells carry the load with fewer connections, the load is transmitted over longer and fewer struts, leading to higher deformations. These observations clearly demonstrate the strong influence of topology on structural performance. Even when the same material, the same thickness, and the same point distribution are used, differences in connectivity pattern and cell geometry can fundamentally alter performance. In the present analysis, it was observed that

the Delaunay lattice carries the applied load with low elastic deformation and low stresses, whereas the Voronoi lattice, despite its weight advantage, behaves much more compliant and exhibits von Mises stress values approaching 100 MPa in some local regions. Within the scope of this study, the approximately 15% weight saving offered by the Voronoi lattice does not compensate for the substantial losses in strength and stiffness. Therefore, when strength and/or stiffness is the primary design objective, the results of this study suggest that Delaunay-type stochastic lattices should be preferred. Overall, this study demonstrates that lattice topology can markedly alter performance outcomes even for identical seed point distributions and thickness parameters. By using implicit modeling and noise-based design tools, an efficient workflow has been established for the rapid design and quantitative comparison of both types of stochastic lattices.

REFERENCES

[1] nTop Blog, “B-rep vs. implicit modeling: Understanding the basics.” Accessed: Dec. 11, 2024. [Online]. Available: https://www.ntop.com/resources/blog/understanding-the-basics-of-b-reps-and-implicits/

[2] Wolfram, “Dual Tessellation - from Wolfram MathWorld.” Accessed: Dec. 01, 2025. [Online]. Available: https://mathworld.wolfram.com/DualTessellation.html

[3] L. J. Gibson and M. F. Ashby, *Cellular Solids*, Second. Cambridge University Press, 1997. doi: 10.1017/CBO9781139878326.

[4] C. McCreight, “nTop Platform 2.20 - What’s New – nTop Support.” Accessed: Dec. 10, 2025. [Online]. Available: https://support.ntop.com/hc/en-us/articles/360057949493-nTop-Platform-2-20-What-s-New

[5] A. Prasad, “How to create a Voronoi surface texture – nTop Support.” Accessed: Dec. 10, 2025. [Online]. Available: https://support.ntop.com/hc/en-us/articles/360042365673-How-to-create-a-Voronoi-surface-texture

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

STRUCTURAL ANALYSIS AND COMPARISON OF SEAT CONNECTION SYSTEMS WITH DIFFERENT MATERIALS USED IN M3 CLASS VEHICLES

HÜSEYİN KESKİN [1],MEHMED EMRE KÜÇÜKKAYA [2] , Doç. Dr. AHMET YILDIZ [3]

[1] ISI, Dosab hkeskin@isri.com.tr - ORCID ID: 0008-0008-8397-1158
[2] ISI, Dosab, mekucukkaya@isri.com.tr - ORCID ID: 0009-0007-2659-5945
[3]Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Müh. Böl.
ahmetyildiz@uludag.edu.tr- ORCID ID: 0000-0001-5434-4368

ABSTRACT

In this study, the structural analysis and comparison of the seat tube connection mechanism used in passenger buses manufactured with different material types were carried out. Since the corner grab handles used in M3-class vehicles are directly connected to the seat structure and the vehicle body, they are required to comply with the ECE-R80 regulation. It was observed that the existing corner grab handle was unable to meet the increasing regulation requirements, and its polypropylene (PP) version failed the ECE-R80 test. As part of the development process, a PA6 GF30 (30% glass fiber–reinforced polyamide) material was selected as an alternative. The component manufactured with PA6 GF30 successfully passed the ECE-R80 tests. By comparing the mechanical performance of PP and PA6 GF30 materials, this study demonstrates the critical impact of correct material selection on product safety and quality.

Keywords: Seat, Grab Handle, Material, Comparison

INTRODUCTION

Passenger safety and comfort are among the most fundamental priorities of seat design in public transportation vehicles. In this context, corner grab handles and seat connection components play a critical role by supporting passengers in maintaining balance inside the vehicle, assisting during boarding and alighting, and enabling safe movement. Therefore, beyond ergonomic and aesthetic considerations, long-term durability and compliance with safety standards are essential requirements. Particularly, the ECE R80 regulation sets strict criteria for assessing the structural strength of seat backrests and connection systems under various loading conditions [1].

With the widespread use of finite element analysis (FEA), the crash and durability performance of seat systems can be reliably evaluated numerically before conducting physical tests. Mihradi

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

et al. (2019) simulated the UNECE R80 static tests on bus seats and demonstrated that some seat designs failed to meet the regulation requirements [1]. Similarly, Silva et al. (2019) evaluated the crashworthiness of seat structures using both numerical and experimental approaches, highlighting the accuracy of hybrid validation methods [2].

Moreover, optimization of seat frames has become a significant research area in the automotive sector. Zhang et al. (2020) conducted a topology optimization of seat backrest frames under multiple loading conditions and presented an optimum balance between structural strength and weight [3]. This study provides valuable insight into material selection and structural reinforcement strategies for seat components.

Aytimur (2024) further emphasized the importance of hybrid verification by assessing the crashworthiness of automotive head restraints using simplified FEA models validated through linear impact tests [4]. Additionally, passenger safety is not limited to seat components alone; it is also influenced by the overall crash behavior of the vehicle. Quan et al. (2025) investigated the effects of frontal collisions on the driver of a 29-seat bus using FEA and provided detailed assessments of impact loads on occupants [5–7].

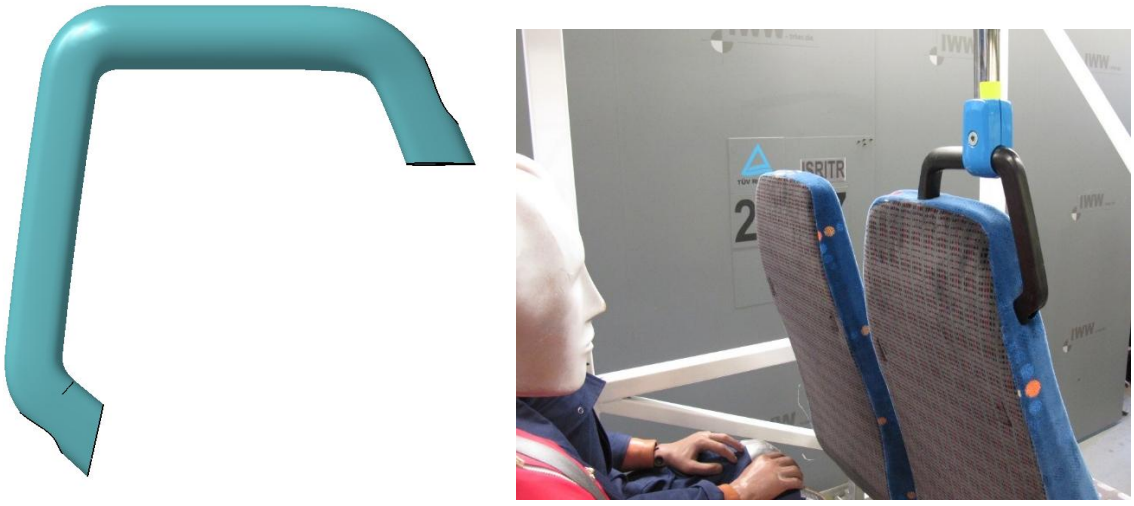


Figure 1. Handle model used in public transportation vehicles

This study focuses on the structural evaluation of a newly designed corner grab handle/connection component intended for use in bus seats (Figure 1). The initial version manufactured from polypropylene (PP) did not meet the ECE R80 requirements. Consequently, the design was revised using glass fiber–reinforced PA6 GF30, which demonstrated compliance with the regulation through FEA analysis and validation tests. The results reveal the decisive influence of material selection on the safety and durability of seat components.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

EXPERIMENTAL TESTS OF M3 CLASS VEHICLE SEAT HANDLES OF VARIOUS MATERIALS

ECE R80 regulates the principles for the strength approval of seats in large passenger vehicles, their seats, and their mountings. This technical regulation applies to vehicles in categories M2 and M3. ECE R80 defines both static and dynamic test methods. Seat manufacturers can obtain ECE R80 seat type approval by selecting one of these test conditions.

Following the completion of the design process, polypropylene (PP) was chosen as the raw material for the first prototype corner handles. PP is a widely used material in plastic part production due to its low cost, easy processability, and suitability for injection molding. Furthermore, its advantages in light weight and surface quality were the main reasons for its selection in the initial test production.

The produced handle prototypes were subjected to strength tests in accordance with the standards. During these tests, the tensile, compressive, and bending forces applied to the handle were applied, taking into account passenger usage scenarios (sudden braking, sudden movements, and loading during sitting and standing).

The test results revealed that the handles made of PP raw materials did not provide sufficient resistance to the forces exerted. Cracking and breakage occurred, particularly in critical areas of the handle, demonstrating that the material was not suitable for long-term use. The findings clearly demonstrated that PP was inadequate for applications requiring high strength, such as bus seat corner handles.
At this stage, the geometric structure of the product design was deemed sufficient; however, it was understood that the choice of raw material was a critical factor in product safety and durability. Therefore, material modifications became necessary, and alternatives offering higher mechanical strength were evaluated for the next production run.
Following breakage issues encountered during initial production and testing with PP raw materials, an alternative material was sought that could meet the safety and durability requirements of bus seat corner handles. Following these evaluations, glass fiber-reinforced polyamide (PA GF30) was selected. This material stands out for its high strength, impact resistance, and thermal resistance, particularly in automotive and industrial applications.

New corner handle prototypes manufactured from PA6 GF30 were tested under the same conditions as those conducted with PP material. During the tests, no breakage or cracking was observed as a result of the forces applied to critical areas of the handle, and the product successfully fulfilled its functional purpose.
The results demonstrated that PA GF30 offers a safe, durable, and long-lasting solution for bus seat corner handles. This material change has ensured that the product meets the expected standards for both passenger safety and production quality, making it suitable for mass production.

Two different production trials conducted on corner handle prototypes demonstrated the criticality of material selection for product durability. A comparison of the properties of polypropylene (PP) and glass fiber-reinforced polyamide (PA GF30) revealed that PP, despite its advantages of low cost and easy processability, falls short in terms of mechanical strength. However, PA GF30, with its high strength and long-term reliability, is a much more suitable

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

option for bus seat handles. Table 1 compares the basic properties of the two seat handle materials shown in Figure 2.

Properties	**PP (Polipropilen)**	**(30% Glass Fiber Reinforced Polyamide)**
Density	~0,90 g/cm³	~1,35 g/cm³
Tensile Strength	25–35 MPa	150–200 MPa
Flexural Strength	30–40 MPa	220–250 MPa
Impact Strength	Low	High
Thermal Strength (HDT)	~90–100 °C	~190–210 °C
Dimensional Stability	Medium	High
Cost	Low	Medium-High
Ease of Production	High	Medium

As can be seen from the table, while PP offers the advantage of being low-cost, it lacks mechanical strength for handle applications. Despite its higher cost, PA GF30 offers long-lasting and safe use thanks to its superior mechanical properties. This comparison demonstrates that material selection should prioritize not only production costs but also safety, durability, and user experience.

Figure 2. M3 class public transport vehicle seat before testing

Figure 3 and 4 demonstrate the seat after the tests. One seat is positioned on the seats to be tested, one per seat. The test platform then comes to a stop at an average speed of 32 km/h, striking the bumper located at the front. Any deformations that occur during this process can be examined to make the necessary assessments.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Figure 3. M3 class public transport vehicle seat after testing (PP Material)

Figure 4. Post-test M3 class dummy images (PP Material)

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

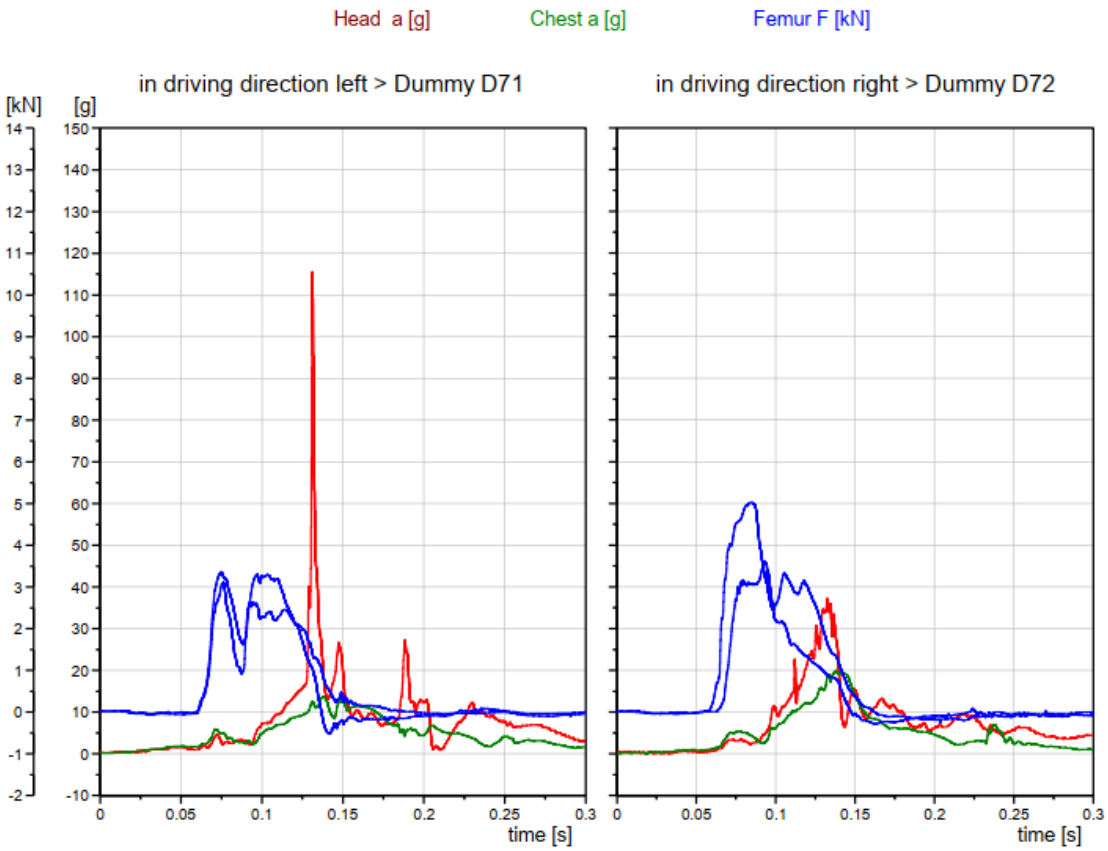


Figure 5. Force graphs obtained after the test (PP Material)

When the post-test images are examined, it is observed that the corner handle has detached from the connection pipe extending from the vehicle. The resulting force values are presented in Figure 5. Since the handle became separated from its mounting point during the test, the outcome was classified as a failure.

Figures 6 and 7 show the post-test images for the component produced with the new material PA6 GF30. As in the previous test, one dummy was positioned on each of the seats to be tested. The test platform then accelerated and came to a stop by striking the barrier located in front of it at an average speed of 32 km/h. Any deformations occurring during this impact event were examined and evaluated as either acceptable or unacceptable.

Upon examining the post-test images, it was observed that no deformation occurred in the corner handle (Figures 6 and 7) with PA6 GF30. Figure 8 presents the corresponding force graphs. Since no deformation was detected in the handle region and the measured seat forces remained below the specified limits, the test results were deemed successful.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Figure 6. M3 class public transport vehicle seat after testing (PA6 GF30)

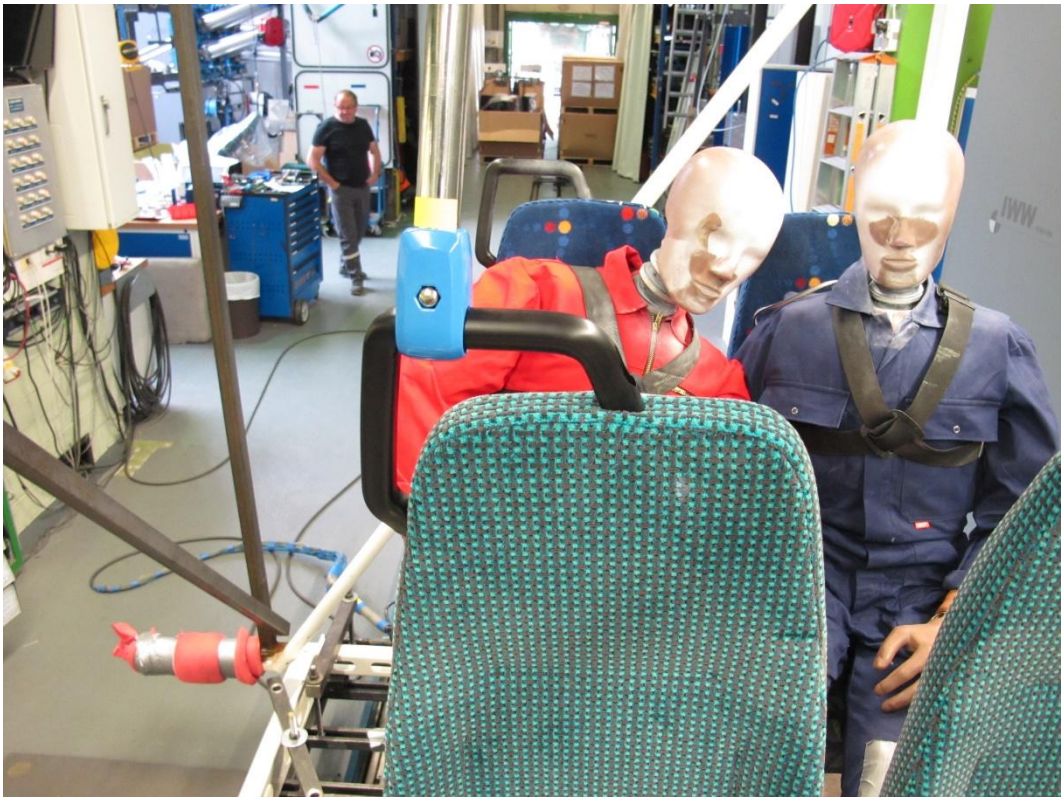


Figure 7. Post-test M3 class dummy images (PA6 GF30)

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

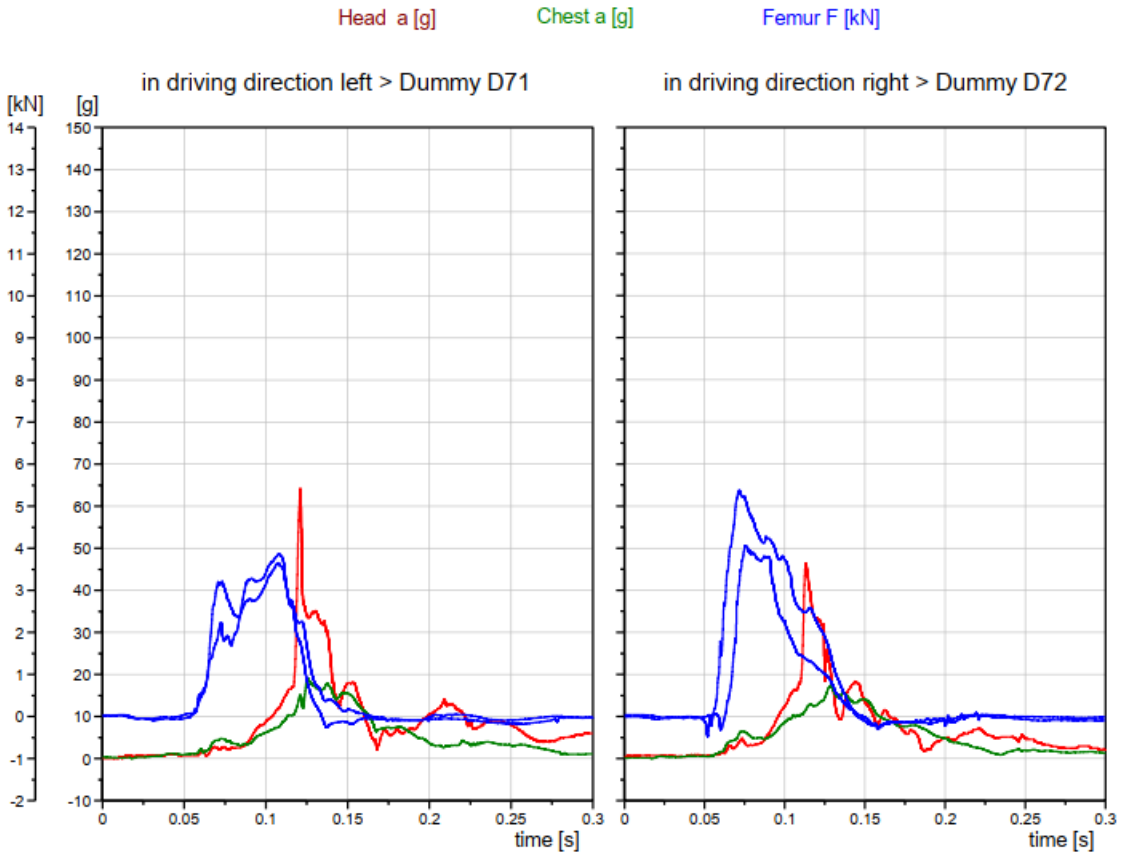


Figure 8. Force graphs obtained after the test (PA6 GF30)

CONCLUSION

This study demonstrates the critical impact of material selection on product performance during the development of corner handles designed for use on bus seats. Although polypropylene (PP) was preferred in the initial production phase due to its low cost and ease of processing, it failed to provide the required mechanical strength during testing, resulting in fracture and structural failure. This outcome clearly demonstrates that material choices based solely on cost are insufficient for safety-critical components such as bus seat accessories, where durability and passenger protection are essential. In contrast, the alternative material—glass fiber–reinforced polyamide (PA6 GF30)—successfully passed the ECE R80 tests. Owing to its high mechanical strength and impact resistance, PA6 GF30 significantly reduces the risk of breakage under sudden loads and severe forces, enabling the handle to meet the necessary safety and long-term performance standards and making it fully suitable for mass production.

REFERANCES

1. **Mihradi, S., Sinaga, S., Setiawan, J., & Wicaksono, S. (2019).** Static Test Simulation of Bus Seat According to UNECE R80 by Finite Element Method. *Proceedings of SNTTM XVIII*.

2. **Silva, R. C., Paccola, R. R., Paccola, E. T., & Junior, J. P. (2019).** Assessing the crashworthiness of a vehicle seat for rear impact. *Latin American Journal of Solids and Structures*. 16(1).
3. **Zhang, J., Li, Z., Fang, Q., & Chen, C. (2020).** Topological optimisation design of passenger car seat backrest frame based on multiple-loading conditions. *International Journal of Crashworthiness*. 25(5), 581–590.
4. **Aytimur, E. E. (2024).** Crashworthiness study for automotive seat head restraints by finite element analysis with simplified seat model and linear impact tests. *Middle East Technical University – MSc Thesis*.
5. **Quan, V. H., Tran, Q. T., Nguyen, A. N., & Nguyen, X. H. (2025).** Application of the Finite Element Method to investigate the impact of frontal collisions on the driver of a 29-seat passenger bus. *Journal of Applied Engineering Science*, 23(3).
6. **Koksal, M.A., Yildiz, A.** (2024) Experimental testing and numerical simulations of 3D-printed PETG pins used for vehicle pedals, Materials Testing 66 (7), 1084-1094
7. **B. D. Stemper, N. Yoganandan, and F. A. Pintar**, "Effect of head restraint backset on head–neck kinematics in whiplash," Accident Analysis & Prevention, vol. 38, no. 2, pp. 317–323, 2006.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

DESIGN PRINCIPLES AND CONSTRUCTION PHASES OF WATER GARDENS: COMPARISON OF NATURAL AND ARTIFICIAL APPROACHES

Prof. Dr. Elif AKPINAR KÜLEKÇİ[1*]

[1] Ataturk University, Faculty of Architecture and Design, Department of Landscape Architecture, Erzurum-TURKEY.*
** e-mail: eakpinar@atauni.edu.tr ORCID 2: 0000-0003-2818-8562*

ABSTRACT

Water gardens are important design elements in landscape architecture due to their aesthetic value, contribution to the microclimate, and ecological functions. Natural and artificial approaches in these gardens reveal different methods and design principles in both the planning and implementation processes of water gardens. This study examines the place of water gardens in landscape design, their design principles, and their construction stages, and provides a comparative evaluation of natural and artificial water gardens. The study also focuses on factors such as plant selection, water movement, structural materials, sustainability, and maintenance. The research results demonstrate that natural water gardens offer advantages in terms of ecological diversity and environmental sustainability, while artificial water gardens provide controlled design opportunities and aesthetic diversity. In conclusion, this study emphasizes that both approaches have strengths and limitations in water garden design, and therefore, it is necessary to make choices based on contextual needs in landscape projects.

Keywords: Water Gardens, Landscape Design, Construction Stages, Natural Approaches, Artificial Approaches, Ecological Landscape

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

1. INTRODUCTION

Water has been regarded as a fundamental element throughout human history, not only as the source of life but also as a component carrying cultural and aesthetic values. From ancient times to the present, water features have been used at different spatial scales, ranging from palace gardens and urban squares to private residential gardens and large parks and recreational areas (Moore, 2003; Akpınar Külekçi, 2020). In landscape architecture, water is not merely a decorative element; rather, it is considered a multidimensional component that enriches spatial experience, supports ecological balance, and embodies cultural meanings (Thompson & Sorvig, 2018).

Two main approaches are prominent in the design of water gardens: natural and artificial approaches. The natural approach focuses on designs that are compatible with ecosystems, support biodiversity, and mimic natural flow processes (Figure 1). Through ponds, small streams, and wetland habitats, this approach creates both visual and ecological value. Natural water gardens offer significant advantages in terms of sustainable landscape design; preserving natural water flows, managing rainwater, and enhancing habitat diversity are among the fundamental characteristics of this approach (Gülgün & Yılmaz, 2005).

Figure 1. An example of a water garden with a natural approach compatible with the ecosystem (Url-1, 2025)

The artificial approach, on the other hand, encompasses applications in which human intervention is dominant and aesthetic and technical control are prioritized. Artificial water features, such as geometric ponds, fountains, cascades, and pools, provide visual order and formal clarity to spaces. While this approach enables designers to exercise a high degree of control over form and movement, it may also increase maintenance and energy costs (Gülgün

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

& Yılmaz, 2005; Akpınar Külekçi, 2020). Artificial water gardens are particularly preferred in urban centers and tourist areas in order to enhance visual attractiveness and to strengthen the spatial identity of places.

In Türkiye, water elements have historically played a significant role in garden culture. During the Ottoman period, palace gardens, fountains, şadırvans (ablution fountains), and small ponds served both aesthetic and ritual functions. Today, water features are widely used in urban parks, botanical gardens, and private residential areas to enhance visual quality and provide ecological contributions. In this context, water emerges as a fundamental element that integrates the cultural and ecological dimensions of landscape (Gülgün & Yılmaz, 2005).

An examination of international examples reveals diverse cultural interpretations of water elements in landscape design. In Japanese Zen gardens, water is used symbolically to convey meditative and philosophical meanings, whereas in the courtyards of the Alhambra Palace in Spain, water enriches spaces through both aesthetic and cooling functions. In the Gardens of Versailles in France, water is designed as a display of power and visual rhythm through elaborate fountains and canals (Turner, 2011). These examples demonstrate that water can be reinterpreted in both aesthetic and functional terms within different cultural contexts.

Water elements are recognized as a fundamental component of landscape design in both aesthetic and ecological terms. Studies based on literature reviews indicate that natural water gardens offer advantages in ecological harmony, biodiversity, and sustainability, whereas artificial water gardens stand out in terms of aesthetic control, technical convenience, and maintenance processes (Moore, 2003; Thompson & Sorvig, 2018; Akpınar Külekçi, 2020). In this respect, water gardens constitute an important reference point in both traditional and contemporary landscape design.

In modern landscape practices, sustainability is becoming increasingly important in the use of water elements. Applications such as rainwater harvesting, the preservation of natural drainage lines, water reuse, and the integration of low-consumption systems enhance the ecological functions of water gardens and reduce their environmental impacts. These approaches make it possible to achieve a balanced landscape design in terms of both aesthetics and ecology (Thompson & Sorvig, 2018).

The aim of this study is to examine the design principles, construction stages, and the differences between natural and artificial approaches to water gardens in the light of the literature, and to evaluate them within the framework of sustainable design. The research seeks to reveal the aesthetic, ecological, and cultural dimensions of water as a landscape element and to emphasize the importance of sustainable water management practices in modern landscape design.

2. MATERIALS AND METHODS

This study is based on a literature review, which is a qualitative research method. Within the scope of the research, both national and international sources were carefully examined. These sources included academic journal articles, books, theses, technical reports, and visual materials related to landscape design, such as garden plans, photographs, and sketches. Through the literature review, the historical development of natural and artificial water gardens, their design principles, the materials used, and their ecological functions were examined in detail. In

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

addition, case studies from different geographical regions were analyzed in order to understand how water features have been interpreted within cultural and aesthetic contexts.

The data obtained were subjected to a comparative evaluation of the characteristic features of natural and artificial water gardens. Natural water gardens were found to be distinguished by their ecosystem-compatible structures, their support for biodiversity, and the advantages they offer in terms of sustainability, whereas artificial water gardens were characterized by their strengths in aesthetic control, technical convenience, and spatial organization. The literature review method enabled the identification of differences between these two approaches in terms of design, function, and maintenance processes, and made it possible to emphasize the importance of sustainable practices in contemporary landscape design. This method also provided an appropriate framework for addressing the historical development and cultural interpretations of water gardens from a holistic perspective.

3. DESIGN PRINCIPLES OF WATER GARDENS

Water gardens constitute distinctive spatial configurations in landscape architecture that integrate both aesthetic and ecological functions. For this reason, the design process should consider not only visual quality but also ecosystem compatibility, user needs, and sustainability criteria (Thompson & Sorvig, 2018). The fundamental principles that should be taken into account in the design of water gardens are discussed in detail below.

Ecological Compatibility

One of the most important design criteria for water gardens is their integration with the natural ecology of the surrounding environment. Ecological compatibility is not limited to visual aesthetics but refers to a holistic approach aimed at conserving local ecosystems. In this context, the continuity of the water cycle should be ensured, excessive water loss through evaporation or leakage should be prevented, and the local hydrographic structure should not be damaged (Hunt & Szpir, 2006).

In addition, plant species used in water gardens should generally be selected from native species. Native species require less maintenance because they are adapted to the local climate and soil conditions, and they also support ecosystem continuity. For example, in traditional Japanese water gardens, natural plants such as lotus (*Nelumbo nucifera*) and iris (*Iris ensata*) are preferred, whereas in historical European gardens, water lilies (*Nymphaea alba*) and reed species are more prominent (Moore, 2003).

Moreover, faunal considerations are essential for ecological compatibility. Aquatic fish species, frogs, insects, and birds increase the biodiversity of water gardens. This not only contributes to ecosystem health but also creates an observable nature experience for users (Armitage, 2007).

Aesthetic Balance

One of the most striking features of water gardens is the aesthetic harmony they provide. The reflective quality of water, its interaction with light, and its movement enrich the visual composition of space (Figure 2). Reflections, in particular, add depth to the garden and strengthen spatial perception (Moore, 2003). In Japanese gardens, stone lanterns and bridges positioned around ponds and pools further reinforce this aesthetic balance.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Figure 2. Night-time appearance of a water garden constructed with integrated high-quality underwater illumination (Url-2, 2025).

The sound of water also plays a significant role in landscape design. The gentle sound of flowing water creates a sense of calm and tranquility, while stronger water flows introduce a dynamic energy. This contributes positively to user psychology and helps reduce stress (Ulrich, 1984).

Aesthetic balance is also a component of spatial composition. The visual rhythm established by the contrasts between plants, stone, and water creates a holistic spatial experience. For instance, in Chinese gardens, the principle of "reflection and shadow" emphasizes the visual relationship between water and surrounding structures and natural elements (Keswick, 2003).

Functionality

Water gardens do not serve purely visual purposes; they also function as spatial elements that meet various user needs. These functions include recreation, aesthetic experience, cooling, meditation, and social interaction (Armitage, 2007).

Within the scope of recreational functions, water gardens can be supported by walking paths, photography areas, birdwatching points, and seating areas. Especially in urban environments, water gardens provide a natural refuge within densely built settings. This function is highly important in terms of fulfilling people's need to connect with nature (Kaplan & Kaplan, 1989).

In addition, water gardens provide microclimatic effects. Through evaporation, they contribute to cooling the environment during summer months, thereby increasing user comfort. At the same time, they balance humidity levels and create more suitable microhabitats for plants (Thompson & Sorvig, 2018).

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

The functionality of water gardens is also significant for psychological health. Contact with nature has been shown to reduce stress, improve attention, and facilitate mental restoration (Ulrich, 1984). For this reason, landscape designs incorporating water elements are increasingly implemented in hospitals, schools, and public buildings.

Material Selection

The materials used in water gardens play a critical role in terms of both ecological compatibility and aesthetics. Natural materials give the garden a character integrated with its surroundings, while artificial materials enable more controlled and modern design approaches.

Natural materials such as stone, wood, clay, and gravel ensure the compatibility of water gardens with natural ecosystems. In particular, the shape and texture of stones influence the character of water flow, while wooden bridges or platforms add a warm atmosphere to the garden. Such materials have been widely used in traditional Japanese and Chinese gardens (Moore, 2003).

By contrast, artificial water gardens may utilize concrete, liner coatings, and plastic materials. Although these materials can offer lower-cost solutions, they may cause problems in terms of long-term ecological sustainability. For example, plastic liners may fragment over time and contribute to microplastic pollution (Thompson & Sorvig, 2018).

Therefore, material selection should take into account not only visual harmony but also long-term maintenance requirements and ecosystem contributions.

Sustainability

One of the most important dimensions of water gardens in contemporary landscape architecture is sustainability. The global reduction of water resources makes it essential to manage water use more consciously in landscape design. In this context, water conservation, ease of maintenance, and ecosystem contributions should be prioritized in the design and management of water gardens (Thompson & Sorvig, 2018).

Within the framework of sustainability, the integration of alternative water sources such as rainwater harvesting and greywater reuse into water gardens is becoming increasingly common. In this way, water consumption is reduced while contributing to natural cycles (Hunt & Szpir, 2006).

Moreover, sustainable water gardens do not only conserve water but also reduce the carbon footprint. The preference for native plants helps minimize energy and chemical inputs required for maintenance. This approach is evaluated within the framework of nature-based solutions in landscape architecture (Kabisch et al., 2016).

In conclusion, sustainability requires that water gardens be considered not merely as aesthetic elements but also as components of ecological infrastructure. This perspective further strengthens the role of water gardens in the future of landscape design.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

4. STAGES OF DESIGNING AND IMPLEMENTING WATER GARDENS

Designing and constructing a water garden is a multi-stage process that extends beyond purely aesthetic concerns and incorporates technical, ecological, and social dimensions (Figure 3). Careful planning of each step is critical for long-term sustainability and user satisfaction (Thompson & Sorvig, 2018). The main stages followed in the creation of water gardens are discussed in detail below.

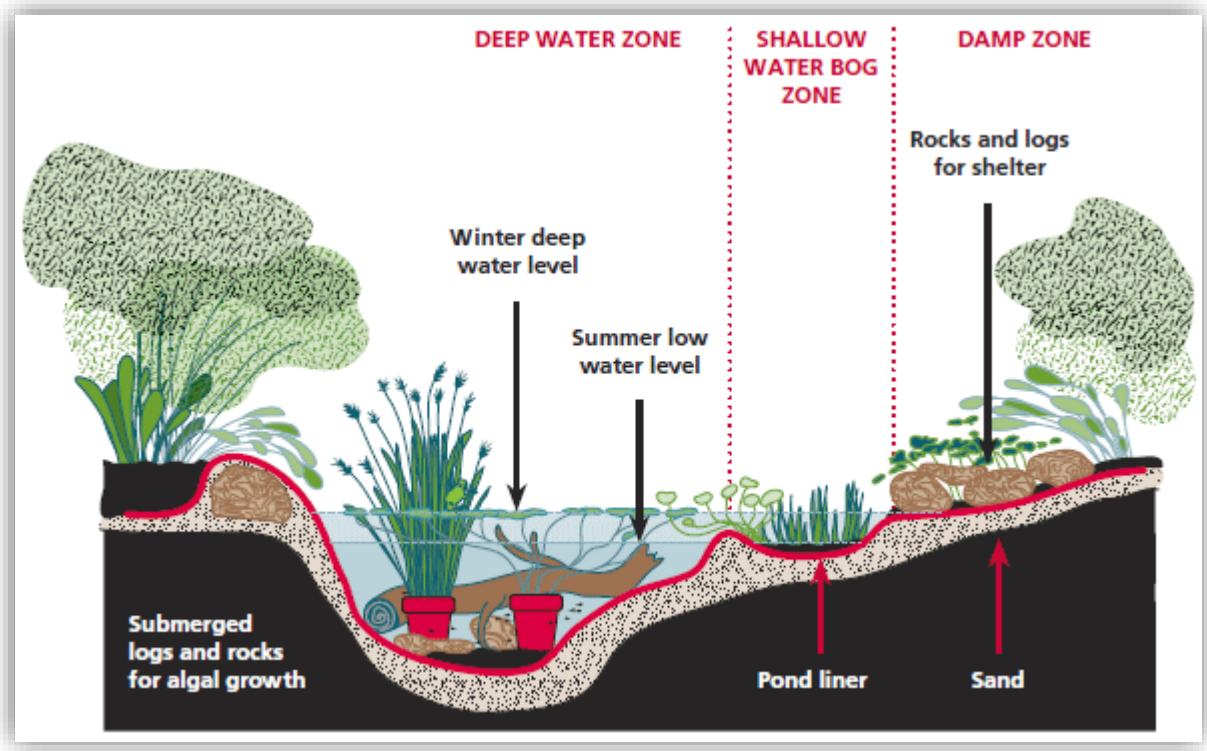


Figure 3. Cross-sectional diagram showing structural layers and ecological zones of a water garden (Url-3, 2025).

Site Analysis

The first step in water garden design is a comprehensive analysis of the site. This analysis includes topography, climatic conditions, soil structure, and existing water resources. The slope of the site is evaluated first, as sloped terrains are advantageous for waterfalls or terraced ponds, whereas flat areas are more suitable for still ponds or pool-type water features (Hunt & Szpir, 2006).

Climatic conditions are also a critical factor. In arid regions, where evaporation rates are high, solutions aimed at water conservation—such as shading elements or deeper pool designs—should be considered. In humid climates, various filtration techniques are applied to prevent problems such as moss and algal growth.

Soil structure significantly affects the success of a water garden. In permeable soils, the use of clay layers or geomembranes may be necessary to prevent water loss. In addition, the

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

groundwater level is an important criterion in pond design. If the groundwater table is close to the surface, the creation of natural ponds becomes easier (Armitage, 2007).

Design Planning

After completing the site analysis, the design planning stage begins. At this stage, the location, shape, depth, and planting scheme of the water feature are determined. The location of the water element is a strategic decision in terms of both visual impact and functionality. For example, a water garden located near the main entrance axis can function as a focal point, whereas water features designed in more secluded areas can serve purposes related to meditation and tranquility (Moore, 2003).

The shape and depth of the water feature have a direct impact on user experience. Organic forms and varying depths are generally preferred in natural approaches, while symmetrical and geometric pool forms are dominant in artificial designs. Safety considerations must also be taken into account in depth planning, and excessively deep pools should be avoided in areas accessible to children.

The planting layout is also designed at this stage. The balanced distribution of surface, marginal, and surrounding plants contributes to maintaining water quality and ecological balance (Thompson & Sorvig, 2018).

Materials and Technical Implementation

Following the design planning phase, the process of material selection and technical implementation begins. In natural approaches, materials such as stone, wood, gravel, and clay are preferred, whereas artificial water gardens may use concrete, liner membranes, and metal reinforcements. Natural materials provide visual harmony with the environment and can also positively contribute to the chemical balance of water.

During the technical implementation stage, sub-base systems are installed to prevent water leakage. In permeable soils, the application of clay layers or geomembranes at the base of the pond is a common practice. In addition, pumps, filtration systems, and, where necessary, aeration units are planned and installed to ensure proper water circulation (Hunt & Szpir, 2006).

In artificial water gardens, electrical installations (lighting, pump power systems, etc.) must also be carefully designed. It is important that these systems are compatible with the surrounding environment in terms of both aesthetics and safety.

Planting Design

Planting is a critical stage in establishing the ecological balance of water gardens. Plants not only provide aesthetic value but also help maintain water quality, provide shading, and increase habitat diversity.

Three main groups of plants are typically used in water gardens:

- **Submerged plants:** Oxygenating plants that grow underwater help prevent algal growth and improve water quality. For example, *Elodea canadensis* is widely used as an oxygenating species.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

- **Floating plants:** Species such as water lilies (*Nymphaea* spp.) provide aesthetic appeal while shading the water surface and reducing evaporation.
- **Marginal plants:** Species such as yellow iris (*Iris pseudacorus*), reeds (*Phragmites australis*), and other emergent plants help prevent erosion and contribute to biodiversity (Moore, 2003).

Through proper planting design, a water garden can become a self-regulating ecosystem. This reduces maintenance costs and strengthens sustainability (Kabisch et al., 2016).

Construction and Implementation

Once the design and planning phases are completed, the construction phase begins. This is the most labor-intensive stage, during which the design is physically realized. Excavation is first carried out, and the shape of the pond or pool is formed. Appropriate base liners are applied according to the permeability characteristics of the soil.

Water circulation systems are then installed. These systems prevent stagnation, increase oxygen levels, and help maintain biological balance. Filtration units, especially in artificial water gardens, contribute to keeping the water clear (Armitage, 2007).

Lighting, walking paths, seating areas, and decorative elements are also added at this stage. The placement of these elements directly affects the aesthetic and functional value of the water garden.

Maintenance and Management

In order for water gardens to retain their functional and aesthetic value over the long term, regular maintenance and management are essential. Although this stage is often overlooked, it is one of the most critical factors determining the lifespan of the garden.

Water quality should be monitored at regular intervals, and filters should be cleaned when necessary. Biological or mechanical methods can be used to prevent algal blooms. Pruning plants, removing dead leaves, and controlling invasive or overgrowing species are also part of routine maintenance (Thompson & Sorvig, 2018).

The balance of living organisms in the water garden (fish, frogs, insects) must be carefully maintained. Excessive fish populations can disrupt oxygen balance; therefore, fauna management should be conducted carefully.

Finally, user safety is also part of maintenance. In regions with a risk of freezing during winter, pumps must be protected, electrical systems must be kept safe, and walkways must be regularly maintained.

5. COMPARISON OF NATURAL AND ARTIFICIAL APPROACHES

In the design of water gardens, natural and artificial approaches differ in terms of aesthetic, ecological, and functional perspectives. The advantages and limitations of each approach should be evaluated according to the purpose of the design and the characteristics of the application site. Moreover, hybrid approaches that combine natural and artificial elements have

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

become increasingly common in contemporary landscape architecture (Thompson & Sorvig, 2018).

Natural Approach

Natural water gardens are designed in harmony with ecosystem processes. This approach is based on the preservation of natural flows and the diversity of local flora and fauna. Their primary advantage lies in their ecological contributions. For instance, natural ponds and wetland-based designs provide habitats for fish, amphibians, insects, and bird species, thereby increasing biodiversity (Armitage, 2007).

Another advantage of the natural approach is its relatively low maintenance requirements. The selection of native plant species and designs compatible with natural water cycles reduce maintenance costs and strengthen long-term sustainability (Hunt & Szpir, 2006). In addition, natural water gardens provide ecosystem services such as water filtration, carbon sequestration, microclimate regulation, and the creation of natural habitats.

However, the natural approach also has certain limitations. Aesthetic control is limited, as water movement and plant distribution depend largely on natural processes, and the designer cannot fully control the spatial composition. In urban environments, the application of natural approaches is often constrained by limited space and dense built fabric (Moore, 2003). In some cases, the visibility or clarity of water may not fully meet user expectations.

Artificial Approach

Artificial water gardens refer to water features characterized by intensive human intervention and the dominance of geometric and symmetrical design elements. This approach offers significant advantages in terms of aesthetic diversity and spatial control. For example, regular geometric pools, fountains, and waterfall systems can create strong visual focal points in modern urban environments (Motloch, 2001).

Another advantage of artificial approaches is their flexibility in responding to user expectations. Water depth, flow rate, lighting, and decorative features are under the control of the designer, allowing optimal conditions to be achieved in terms of both safety and aesthetics. Particularly in urban parks, hotel gardens, and recreational areas, artificial water features enrich visitors' spatial perception and encourage social interaction (Thompson & Sorvig, 2018).

Nevertheless, artificial approaches also have disadvantages. They are generally high in cost, requiring continuous financial resources for materials, pumps, filtration systems, and maintenance. Their ecological contribution is limited, as they do not create natural habitats and are insufficient in enhancing biodiversity. Intensive maintenance requirements, especially for water cleanliness and the operation of mechanical systems, demand continuous technical expertise (Armitage, 2007).

Hybrid Approaches

An increasingly popular method in contemporary landscape design is the hybrid approach, which combines natural and artificial elements. This approach provides an ideal solution in terms of both aesthetic control and ecological contribution. For example, placing native plants

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

along the edges of a geometrically designed pond creates a visual framework while simultaneously supporting biodiversity (Thompson & Sorvig, 2018).

In hybrid designs, water circulation and filtration systems can be integrated with natural ecosystem processes. In this way, water clarity and aesthetic appearance are maintained, while habitat creation and the self-purification capacity of the water are supported. This approach is particularly suitable for designing sustainable water gardens in urban and spatially limited environments.

Another advantage of the hybrid model is the optimization of user experience. The balanced use of natural and artificial elements enables visitors to have a visually and psychologically satisfying experience. For this reason, hybrid designs are increasingly becoming a standard practice in modern landscape projects (Motloch, 2001; Thompson & Sorvig, 2018).

6. Discussion and Conclusion

Water gardens represent a multidimensional element of landscape architecture through their integration of both natural and artificial components. The design principles, construction stages, and comparisons between natural and artificial approaches discussed in this study demonstrate that the aesthetic, ecological, and functional dimensions of water gardens are inseparable. Literature reviews indicate that natural approaches provide high value in terms of biodiversity and ecosystem services, but offer limited aesthetic control (Armitage, 2007; Moore, 2003). In contrast, artificial approaches are characterized by rapid responsiveness to user needs, aesthetic diversity, and spatial flexibility, while limited ecological contribution and intensive maintenance requirements emerge as significant disadvantages (Motloch, 2001; Thompson & Sorvig, 2018).

These findings suggest that hybrid approaches are gaining increasing importance in contemporary landscape architecture. Hybrid water gardens can ensure both ecological contribution and aesthetic and functional control by combining natural and artificial elements. For example, the use of native plants along the edges of geometric pools supports biodiversity while maintaining water clarity and visual impact (Thompson & Sorvig, 2018). This provides an important solution for designing sustainable water gardens in urban and spatially constrained environments.

Construction stages and maintenance processes also play a critical role in sustainability. Site analysis, design planning, material selection, planting, and water circulation are not only essential for creating an aesthetically pleasing water garden but also for ensuring the balanced continuity of ecosystems (Hunt & Szpir, 2006; Armitage, 2007). The maintenance and management process enables the preservation of water quality, the sustainability of plant and fauna balance, and the assurance of user safety. Therefore, the success of water gardens should be evaluated not only in terms of design aesthetics but also according to ecological and functional sustainability criteria.

Water elements occupy an important position in landscape design as both aesthetic and ecological components, regardless of historical and geographical context. Moore (2003) emphasized that water deepens spatial perception in architectural and landscape arrangements and provides aesthetic diversity, demonstrating that water is not merely a visual element but also a factor that guides visitors' spatial experiences. Similarly, Armitage (2007) highlighted the habitat values provided by natural ponds and pools, illustrating the contribution of water to

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

biodiversity in landscape settings. These studies reveal that the aesthetic and ecological functions of water are complementary rather than contradictory.

Research conducted in Türkiye further clarifies the cultural and historical context of water elements. Gülgün and Yılmaz (2005) stated that water features increase visual quality in urban parks and contribute positively to users' spatial perception, while Çorbacı and Uzun (2012) demonstrated that this contribution is also significant in terms of user satisfaction and social experience. These findings indicate that water features are not only aesthetic components but also integral parts of cultural heritage and collective experience.

In the international literature, water gardens are increasingly addressed within the framework of sustainable landscape design. Thompson and Sorvig (2018) emphasized that natural water features provide ecosystem services such as carbon sequestration, biodiversity enhancement, and microclimate regulation, highlighting their contribution to ecological sustainability. On the other hand, Motloch (2001) stated that artificial water features encourage social interaction in modern cities by creating strong visual focal points. This perspective shows that water plays not only an ecological role but also a social and cultural one in landscape design.

Overall, the literature demonstrates that water elements perform multidimensional functions in landscape design. While aesthetic, ecological, and social functions manifest differently in natural and artificial water features, both approaches appear to be complementary in terms of spatial experience and environmental contribution. In this context, balancing aesthetic concerns with ecological and sustainability objectives in the design of water features emerges as a fundamental requirement in contemporary landscape architecture.

In conclusion, water gardens assume a multidimensional role in landscape architecture. When aesthetic, functional, and ecological criteria are evaluated together, hybrid models that balance natural and artificial approaches provide more sustainable solutions. Especially in densely urbanized areas, water gardens should be designed not merely as visual elements but as critical spaces that support ecosystem services, regulate microclimates, and contribute to users' psychological well-being (Thompson & Sorvig, 2018; Armitage, 2007). Accordingly, landscape architects are required to address water gardens through a holistic perspective that integrates ecological, aesthetic, and functional dimensions. Future studies may be supported by applied research aimed at measuring the impacts of hybrid water gardens on urban sustainability and examining the adaptation of design criteria in different climatic regions.

Water gardens, which initially emerged as reflections of aesthetic and cultural values throughout history, have today become indispensable components of ecological landscape design. While natural approaches provide long-term ecological benefits, artificial approaches stand out in terms of aesthetic control and spatial organization. In contemporary landscape architecture, sustainable solutions can be achieved through the adoption of hybrid models. In short, the design of water gardens requires the holistic evaluation of principles such as ecological compatibility, aesthetic balance, and sustainability. This approach will strengthen not only user experience but also the provision of ecosystem services.

REFERENCES

Akpınar Külekçi, E. (2020). Investigation of Plant Designs on Water Surfaces in Terms of Landscape Design. International Journal of Ecosystems and Ecology Science. 10 (4): 683-688.

Armitage, P. D. (2007). *Habitat creation and management: A guide to the restoration and enhancement of freshwater habitats*. Ramsbury: The Crowood Press.

Çorbacı, O. L., & Uzun, İ. (2012). User satisfaction and spatial quality in urban park design: The role of water elements. *Urban Design International, 17*(2), 146–158.

Gülgün, B., & Yılmaz, H. (2005). The role of water elements in urban open space design: A case study from Turkey. *Journal of Urban Design, 10*(2), 215–230.

Hunt, W. F., & Szpir, C. (2006). *Design of bioretention areas for stormwater management*. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency.

Kabisch, N., Korn, H., Stadler, J., & Bonn, A. (2016). *Nature-based solutions to climate change adaptation in urban areas: Linkages between science, policy and practice*. Cham, Switzerland: Springer.

Kaplan, R., & Kaplan, S. (1989). *The experience of nature: A psychological perspective*. Cambridge: Cambridge University Press.

Keswick, M. (2003). *The Chinese garden: History, art and architecture* (3rd ed.). Cambridge, MA: Harvard University Press.

Moore, C. W. (2003). *Water and architecture*. New York: Harry N. Abrams.

Motloch, J. L. (2001). *Introduction to landscape design* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons.

Thompson, J. W., & Sorvig, K. (2018). *Sustainable landscape construction: A guide to green building outdoors* (3rd ed.). Washington, DC: Island Press.

Turner, T. (2011). *Garden history: Philosophy and design 2000 BC–2000 AD*. London: Routledge.

Ulrich, R. S. (1984). View through a window may influence recovery from surgery. *Science, 224*(4647), 420–421.

Url-1 (2025). https://www.417mag.com/417-home/create-water-garden-your-backyard/ (Access Date: 12.10.2025)

Url-2 (2025). https://blog.louielighting.com/pond-lighting-beginners/ (Access Date: 24.10.2025)

Url-3 (2025). https://www.sgaonline.org.au/frog-ponds/ (Access Date: 04.11.2025)

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

WATER USE IN JAPANESE GARDENS: DESIGN PRINCIPLES AND SPATIAL ARRANGEMENTS

Prof. Dr. Elif AKPINAR KÜLEKÇİ[1*] Assoc. Prof. Dr. Feran AŞUR [2]

[*] *Atatürk University, Faculty of Architecture and Design, Department of Landscape Architecture, Erzurum-TURKEY.*
** e-mail: eakpinar@atauni.edu.tr* ORCID 2: 0000-0003-2818-8562

[2] *Van Yuzuncu Yil University, Faculty of Architecture and Design, Department of Landscape Architecture, Van-TURKEY*
e-mail: feranekasur@gmail.com, ORCID-ID: 0000-0001-9480-5536

ABSTRACT

Japanese gardens, with their aesthetic harmony, symbolic meanings, and philosophical depth, are among the most distinctive examples of landscape art. In this context, water plays a central role as both a natural and cultural element. The representation of water in ponds, streams, waterfalls, or pebbles and stones in dry gardens demonstrates the diversity of Japanese garden design. This study examines the design principles and spatial arrangements of water use in Japanese gardens, and comparatively evaluates the aesthetic, ecological, and symbolic functions of natural and artificial water features. The research findings reveal that water is not only a visual element but also a symbol of purification, the life cycle, and yin-yang balance in Buddhism and Shinto. Furthermore, international examples such as the Portland Japanese Garden (USA), the Prince Mikasa Japanese Garden (Turkey), and the Cowra Japanese Garden (Australia) are used to discuss how water is interpreted as a universal design element. The study emphasizes the importance of water as a fundamental design element in spatial arrangements, both for the preservation of cultural heritage and for sustainable approaches in contemporary landscape design.

Keywords: Japanese gardens, water features, landscape design, spatial arrangement, symbolism, sustainability

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

1. INTRODUCTION

Japanese gardens represent one of the most refined and philosophically grounded traditions in the history of landscape architecture. These gardens are not merely aesthetic compositions; they are spatial manifestations of accumulated cultural knowledge, religious thought, philosophical inquiry, and a profound observational engagement with nature (Nitschke, 1993; Hayakawa, 2012). Unlike Western garden traditions, which historically emphasized symmetry, axial organization, and formal control over natural elements, Japanese gardens seek to grasp and reinterpret the *essence* of nature through abstraction, symbolism, and controlled naturalness (Nitschke, 1993) (Figure 1).

Figure 1. A view from a traditional Japanese garden (Url-1, 2025)

According to Hayakawa (2012), Japanese gardens may be understood as an "idealized re-creation of nature," in which natural rhythms, flow, temporal change, and spatial silence are translated into a poetic spatial language. This approach is deeply rooted in the Japanese cultural perception of nature not as a separate entity but as an inseparable component of human existence, resonating with the aesthetic principles of *wabi–sabi*, which embrace impermanence, asymmetry, and the beauty of incompleteness (Koren, 1994).

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

The philosophical foundations of Japanese garden design are closely associated with Shintoism, Taoism, and Zen Buddhism. These belief systems converge in their understanding of nature as sacred and in their rejection of a strict human–nature dichotomy (Berthier, 2000; Özgen, 1988; Akpınar Külekçi & Yazıcı, 2021). Within this conceptual framework, the garden becomes not merely a designed space, but a site of contemplation where the individual experiences spiritual harmony through carefully orchestrated relationships between stone, water, vegetation, empty space, light, and shadow (Keane, 2008). Among these elements, water occupies a uniquely central and symbolic position.

In Japanese cultural thought, water carries multilayered meanings. It is regarded as the source of life, particularly significant within Japan's insular geography and historical dependence on aquatic systems (Young & Young, 2005). Within Shinto ritual practices, water functions as a medium of purification, symbolized by the presence of *chozubachi* (water basins) at shrine entrances (Bocking, 2004). Moreover, water symbolizes spiritual balance and mental clarity, as its calm surfaces and continuous movement metaphorically reflect inner stillness and awareness (Suzuki, 1959). At the same time, flowing water represents impermanence and transformation, resonating with Zen Buddhist doctrines of constant change and non-attachment (Keane, 2008). Through the hydrological cycle of rain, streams, ponds, and evaporation, water visually articulates the cyclical nature of existence (Berthier, 2000; Akpınar Külekçi & Yazıcı, 2021).

Due to these rich symbolic associations, water in Japanese gardens functions not merely as a visual or physical feature but as a cultural and metaphysical signifier. Even in dry Zen gardens (*karesansui*), where water is physically absent, it is symbolically evoked through raked gravel, stone arrangements, and wave-like patterns (Nitschke, 1993; Kuitert, 2002). This symbolic substitution underscores the centrality of water within Japanese aesthetic and philosophical traditions.

Water elements in Japanese gardens appear in diverse spatial forms, including ponds, streams, cascades, reflective basins, purification fountains, bamboo water devices (*shishi-odoshi*), and abstract dry-raked compositions (Kuitert, 2002; Berthier, 2000). Each form conveys specific spatial meanings: ponds suggest tranquility and vastness, streams symbolize life journeys, waterfalls express power and transformation, while reflective surfaces evoke the relationship between visible and invisible realms (Young & Young, 2005). The direction, speed, sound, and

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

visual texture of flowing water are therefore not incidental but are deliberate design decisions that structure spatial experience and emotional response.

Historically, the use of water in Japanese gardens evolved in parallel with shifts in political, religious, and cultural paradigms. During the Asuka and Nara periods, Chinese-inspired palace garden traditions introduced pond-centered compositions (Kuitert, 2002). The Heian period witnessed the refinement of water-based aristocratic villa landscapes, while the Muromachi period, under the influence of Zen Buddhism, generated the abstract language of dry gardens (Nitschke, 1993). In the Edo period, large-scale strolling gardens (*kaiyu-shiki-teien*) emerged, integrating expansive ponds, islands, and controlled vistas (Berthier, 2000). Thus, the presence of water in Japanese gardens reflects not only aesthetic preference but also historical continuity and philosophical transformation.

In the modern era, Japanese gardens have been exported globally, becoming a shared international landscape language. Even outside Japan, water continues to function as a primary medium of cultural transmission in these landscapes. Gardens such as the Portland Japanese Garden (USA), Cowra Japanese Garden (Australia), Hamburg Japanese Garden (Germany), and the Prince Mikasa Japanese Garden (Turkey) demonstrate how Japanese water aesthetics are reinterpreted within diverse ecological and cultural contexts (Young & Young, 2005; Kuitert, 2002). These examples reveal the adaptability and universal resonance of water-based spatial symbolism.

This study aims to examine the use of water in Japanese gardens from a comprehensive perspective, focusing on three interrelated dimensions: (i) the historical development of water features in Japanese garden traditions; (ii) the aesthetic and symbolic meanings attributed to water within cultural and philosophical frameworks; and (iii) the spatial design principles governing the use of ponds, streams, waterfalls, and dry landscape representations. In addition, the study discusses international case studies to evaluate the contribution of water-based design strategies to contemporary landscape architecture and sustainable design paradigms (Meyer, 2008).

In conclusion, water in Japanese gardens should be understood not merely as a natural element but as a landscape metaphor that embodies the holistic worldview of Japanese culture. Its physical presence, movement, sound, and reflective qualities form the spiritual and aesthetic

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

core of Japanese garden identity. For this reason, water occupies a central analytical position within this study and serves as the primary lens through which Japanese garden design is interpreted.

2. HISTORICAL BACKGROUND: THE EVOLUTION OF WATER USE IN JAPANESE GARDENS

The development of water use in Japanese gardens has been shaped by Japan's natural geography, insular character, climatic conditions, and religious traditions. A humid climate, mountainous topography, and a dense network of streams and rivers rendered water a fundamental element of both daily life and spatial organization from early periods onwards. In Shinto belief, water is regarded as a sacred medium of purification, which led to its incorporation into garden design not only as an aesthetic feature but also as a ritual symbol (Nitschke, 1993). Throughout this historical process, water assumed diverse physical and symbolic forms, maintaining its presence in Japanese gardens as both a tangible and an abstract landscape element.

The origins of water use in Japanese gardens can be traced back to the Asuka and Nara periods, during which Japan maintained intensive cultural interactions with Tang-dynasty China. Large ponds and island compositions, which were fundamental elements of Chinese imperial garden traditions, were adapted to Japanese contexts during this era (Altınçekiç, 2016; Conder, 1912). In early gardens, ponds functioned as focal points, accompanied by symbolic islands, sinuous water channels, and small cascades. While these arrangements reflected Chinese garden principles, they were reinterpreted in accordance with Shinto purification practices (Takei & Keane, 2001; Özgen, 1988). The Nara-period ritual known as *kyokusui no en*, conducted along winding streams, illustrates that water in early Japanese gardens functioned not merely as a visual element but also as a carrier of poetic inspiration, temporality, and elegance (Nitschke, 1993).

During the Heian period, water became central to aesthetic and social life. Within the *shinden-zukuri* palace layout, a broad, calm-surfaced pond was positioned in front of the main residence and formed the primary spatial organizer of the garden (Takei & Keane, 2001). Ponds were enriched with islands, pavilions, arched bridges, and meandering streams, while water reflections were integrated with architecture to reinforce the poetic character of space. For the Heian aristocracy, water represented not only a landscape component but also a social and

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

cultural setting. Classical literary works such as *The Tale of Genji* provide detailed depictions of poetry gatherings, musical performances, and moon-viewing ceremonies held along pond edges (Treib, 2018). The design of islands and shorelines was influenced by Taoist concepts of the Isles of the Immortals, thereby deepening the philosophical significance of water.

In the Kamakura and Muromachi periods, the interpretation of water underwent a fundamental transformation. With the growing influence of Zen Buddhism, garden design became increasingly simplified and abstract. Within Zen thought, water symbolizes simplicity, fluidity, tranquility, and impermanence (Berthier, 2000). Accordingly, the physical presence of water was often replaced by its symbolic evocation. In *karesansui* (dry landscape) gardens, water was not used in its material form; instead, white gravel patterns, stone compositions, and negative space represented flowing streams or calm seas. The gardens of Ryōan-ji, Daisen-in, and Ginkaku-ji are considered canonical examples of this approach. In these gardens, the absence of physical water evokes a sense of "frozen movement," translating Zen metaphysics into spatial form. Silence, rather than the sound of water, became a primary design component, reinforcing the meditative quality of space (Keane, 2015; Gök and Bingöl, 2016).
During the Edo period, Japanese garden art reached a high level of maturity, and water became the central element of large-scale garden compositions. In *kaiyū-shiki teien* (strolling gardens), visitors move around ponds, experiencing continuously shifting visual scenes. This design logic constitutes the foundation of the concept of the "moving landscape" (Treib, 2018).

Prominent examples such as Katsura Rikyu, Kenroku-en, and Kōrakuen illustrate this tradition. In Edo-period gardens, water use extended beyond ponds to include waterfalls as major design components. Waterfalls were designed with stepped cascades, paired compositions based on the yin–yang principle, and naturalistic rock arrangements (Walker, 2017). Furthermore, garden designers reproduced famous Japanese and Chinese landscapes in miniature form, using water to represent lakes, rivers, and coastal scenery. Water, in conjunction with vegetation, became an indicator of seasonality, as reflected in iris plantings along pond edges, pine trees framing water vistas, and cherry blossoms falling onto water surfaces, creating iconic reflective scenes.

These period-specific developments demonstrate that water in Japanese gardens functions not only as a natural element but also as a carrier of cultural identity and philosophical thought. Water has existed in both real and abstract forms within Japanese landscape art, adapting to

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

shifting aesthetic, ritual, and spatial paradigms across historical periods, and ultimately becoming one of the principal components defining the identity of Japanese gardens.

3. THE WATER ELEMENT IN JAPANESE GARDENS: PHILOSOPHICAL AND SYMBOLIC MEANINGS

In Japanese gardens, water is not merely a visual component but a carrier of a profound metaphorical language. Water embodies multilayered meanings within religious, philosophical, and aesthetic contexts, and therefore its presence in the garden offers not only a physical experience but also access to a symbolic and contemplative realm.

Within the Shinto tradition, water represents spiritual and physical purification. The ritual of *misogi* involves direct contact with water to cleanse both body and mind. The water basins (*chōzuya* or *temizuya*) located at shrine entrances spatially manifest this tradition by allowing visitors to ritually wash their hands and mouths (Altınçekiç, 2016; Smyers, 1999). This conceptual framework was transferred into garden design, where water came to symbolize ritual purity.

In Zen Buddhism, water symbolizes the flow of life and the principle of constant change. Zen philosophy employs the movement of water as a metaphor for awareness of the present moment and acceptance of impermanence (Suzuki, 1959). Accordingly, the flow of water within the garden is not simply physical motion, but a reminder of mental awakening. Silent ponds represent clarity and stillness; slender streams symbolize the mind in motion; waterfalls embody the dynamic energy of life.

The influence of Taoist thought on Japanese aesthetics is particularly visible in the relationship between water and stone. According to the yin–yang principle, water is soft, flexible, and adaptive, whereas stone is hard, stable, and static. Yet, over time, soft water is capable of eroding hard stone. This complementary opposition forms the conceptual basis for the frequent juxtaposition of water and stone in Japanese garden design (Nitschke, 1993). Through this relationship, natural balance becomes a central organizing principle of spatial composition.

From an aesthetic perspective, water is closely associated with the concepts of *wabi–sabi* and *ma*. *Wabi–sabi* values simplicity, impermanence, and the beauty of natural imperfection

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

(Koren, 1994). The silence of water, the transient ripples on its surface, constantly shifting reflections, and seasonal transformations are spatial expressions of *wabi–sabi*. The concept of *ma*, meaning "interval," "pause," or "emptiness," emphasizes that space is defined not only by presence but also by absence. The slow movement or stillness of water, and its symbolic representation in dry gardens through raked gravel, create a sense of tranquil void that strengthens the aesthetic of *ma* (Berthier, 2000). Thus, water generates both visible and invisible aesthetic dimensions within the landscape.

In Japanese gardens, water operates as an integrated expression of ritual purity, Zen impermanence, Taoist balance, and Japanese aesthetic sensibility. It functions not merely as a landscape component but as one of the most powerful spatial reflections of cultural memory and philosophical thought.

4. WATER ELEMENTS AND THEIR SPATIAL EXPRESSIONS

The water elements employed in Japanese gardens carry both aesthetic and symbolic functions and constitute some of the fundamental components shaping the spatial atmosphere of the garden. These elements are designed in diverse forms (ranging from ponds and waterfalls to streams and dry landscape compositions) making both the physical and metaphorical meanings of water visible.

Ponds (*chisen-shiki*) represent the most prominent water elements in Japanese gardens. Usually placed at the center of the landscape, these ponds create spatial depth through their reflective surfaces, reproducing the sky, surrounding vegetation, and architectural elements. They are typically designed in asymmetrical forms to emulate natural water bodies. The use of islands, the strategic placement of stones within water to influence wave formation, and the intentional consideration of wind-induced movements as part of the design process reflect this philosophy. Stones are often positioned at calculated angles in order to guide wave patterns, representing a deliberate design technique (Walker, 2017; Demirbaş, 1997). Therefore, ponds are not conceived as static surfaces, but as living landscape components sensitive to environmental change.

Streams symbolize movement and cyclical time within Japanese gardens. Stream compositions commonly consist of three sections: the fast-flowing upper section (*hayase*), the moderately flowing middle section (*chūryū*), and the calm, slow-moving lower section (*karyū*). This

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

tripartite structure represents the journey of life and the passage of time. The design of streams in sinuous, meandering forms further reinforces this symbolism, as curvature is perceived as an indicator of naturalness and cyclicality (Keane, 2015). Zigzag bridges and stepping-stone paths across water serve as spatial devices that render the flow of water more legible.

Dry gardens (*karesansui*) are landscape compositions in which water is physically absent but symbolically represented. The garden of Ryōan-ji in Kyoto is the most well-known example of this approach. In *karesansui* designs, white gravel symbolizes ocean waves, raked lines represent flowing streams, and large stone groupings evoke coastal rock formations. Here, water is not materially present; rather, wave-like gravel patterns and stone arrangements evoke the sensory impression of a waterscape. This method constitutes a spatial manifestation of Zen aesthetic abstraction (Berthier, 2000).

Water basins (*chōzubachi*) are small, stone containers commonly located in shrine and tea gardens. These basins allow visitors to cleanse their hands and mouths as part of traditional purification rituals. Their modest, low-profile forms symbolize humility and restraint. Within the tea ceremony culture, the water basin becomes a symbolic element of mental clarity and ritual preparation.

Bridges (*hashi*) function as important spatial components that guide movement in conjunction with water elements. Arched “moon bridges” (*taikobashi*) symbolize the transition between heaven and earth and create a gentle sense of passage over water. Zigzag bridges reflect folkloric beliefs that evil spirits cannot move in straight lines; thus, their broken geometry serves both a symbolic protective function and a spatial device that intensifies the visual relationship with the water surface (Nitschke, 1993). These bridge types are especially common in tea gardens (Figure 2).

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Figure 2. Views of form "Moon Bridges" and “Zig-Zag Bridges” in Japanese gardens (Url-2, 2025; Url-3, 2025; Url-3, 2025)

Together, these water elements generate the rhythm, aesthetic balance, and spiritual atmosphere of Japanese gardens. The physical movement of water, its silence, or its abstracted presence constitute the primary factors shaping the character of space and the “spirit” of the garden.

5. INTERNATIONAL EXAMPLES OF JAPANESE GARDENS

As part of the cultural diffusion of Japanese landscape traditions beyond national borders, numerous Japanese gardens have been established worldwide, reflecting both the continuity of traditional design principles and their adaptation to diverse ecological and cultural contexts.

- ***Rikugien Garden (Tokyo, Japan):*** Rikugien Garden is widely recognized as one of the most refined examples of the *kaiyū-shiki* (strolling-style) gardens developed during the early eighteenth century of the Edo period. The garden was designed under the patronage of Yanagisawa Yoshiyasu with the intention of spatially translating natural scenes described in classical Chinese and Japanese poetry into a landscape language. The large central pond functions as the core organizing element of the composition,

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

while the reflective water surface adds visual depth by mirroring vegetation and built structures. Strategically located scenic stopping points (*meisho*) allow visitors to experience continuously changing perspectives, positioning water as both a directional and poetic component of spatial experience. As emphasized by Treib (2018), Rikugien represents one of the most sophisticated Edo-period gardens in which water serves not only as a visual medium but also as an emotional and narrative landscape stage (Figure 3).

Figure 3. A view of Rikugien Garden in Tokyo, JapanKatsura Imperial Villa Garden (Url-4, 2025).

- ***(Kyoto, Japan):*** The Katsura Imperial Villa, initiated in the seventeenth century by Prince Toshihito and completed by his son Toshitada, is regarded as one of the most refined and internationally celebrated examples of Japanese garden art. The garden is structured around a large pond integrated with tea pavilions and bridges, forming a highly coherent spatial composition. The pond surface functions as a reflective plane, offering a secondary visual layer through the mirrored images of architectural elements, thus creating a dual-directional spatial reading. The close integration of tea garden culture (*roji*) with the calm water surface emphasizes temporal flow and spatial continuity. Treib (2018) characterizes Katsura as an ideal synthesis of water, light, geometry, and naturalness, highlighting the garden's exceptional balance between constructed form and natural process.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

- ***Portland Japanese Garden (Portland, USA)*:** The Portland Japanese Garden, designed in 1967 by landscape architect Takuma Tono, is internationally acknowledged as one of the most authentic Japanese gardens outside Japan. The design incorporates a contemporary synthesis of five traditional Japanese garden typologies, with water elements functioning through both classical aesthetic principles and modern ecological strategies. Waterfalls, naturalistic streams, stone bridges, and carefully articulated pond edges reflect traditional Japanese spatial aesthetics, while rainwater harvesting systems, natural filtration ponds, and erosion-controlling riparian vegetation demonstrate advanced sustainable landscape practices. Brown (2020) describes the Portland Japanese Garden as an exemplary model in which traditional Japanese water aesthetics are successfully integrated with modern principles of landscape ecology. In this context, water also becomes a vehicle for cultural sustainability, enabling the transnational transmission of Japanese spatial identity.

- ***Cowra Japanese Garden (Cowra, Australia):*** The Cowra Japanese Garden, designed in 1979 by the Japanese landscape architect Ken Nakajima, represents a highly regarded international interpretation of Japanese garden principles. The garden is conceived as a miniaturized version of Edo-period strolling gardens, organized around a large central pond, islands, stepped waterfalls, and meandering circulation paths that emphasize a water-centered spatial logic. The water composition is based on the technique of scale reduction, in which mountains, rivers, lakes, and coastal landscapes of Japan are symbolically represented within a compact spatial framework. Nakajima's design philosophy, summarized as the ambition to "recreate the spirit of Japanese nature anywhere in the world," is clearly articulated in the garden's spatial language (Mitsumori & Nakajima, 1985). Within the Cowra Garden, water functions simultaneously as a cultural symbol and as a landscape balancing element adapted to the distinct ecological conditions of Australia.

- ***Prince Mikasa Japanese Garden (Kırşehir, Türkiye):*** The Prince Mikasa Japanese Garden, located in Kırşehir, constitutes one of the most significant landscape applications symbolizing the friendship between Japan and Türkiye. The design follows classical Japanese garden principles through the inclusion of a large central pond, a small island within the pond, traditional seating areas along the shoreline, and wooden

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

bridge elements. The pond forms the spatial core of the garden, and its reflective surface strengthens the surrounding plant compositions while generating the atmosphere of tranquility that is fundamental to traditional Japanese aesthetics. Despite the continental climatic conditions of Central Anatolia, the successful maintenance of the pond system and vegetation demonstrates the adaptability of Japanese garden design principles to different geographical contexts. Özkan and Ersoy (2019) emphasize that the Prince Mikasa Garden represents one of the strongest examples in Türkiye where water is employed as a primary transmitter of cultural identity (Figure, 4).

Figure 4. A view of the Japanese garden built in Kırşehir province, Turkey, in 1993 to commemorate His Highness Prince Takahito Mikasa's initiation of the Kalehöyük excavations.

7. DISCUSSION AND CONCLUSION

Japanese gardens stand out as exemplary landscape environments in which the use of water carries a multidimensional and profound meaning. Water plays a central role in these gardens as both a physical and a symbolic element. From an aesthetic perspective, ponds, waterfalls, and streams integrate the overall landscape composition, creating spatial depth and visual rhythm. The movement, form, and sound of water offer visitors an experiential engagement with space, simultaneously activating visual and auditory senses. In this context, water can be evaluated not merely as a visual component but as a fundamental element that guides spatial experience.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

From a historical perspective, water in Japanese gardens reflects traditional cultural motifs. In classical *kaiyū-shiki* (strolling-style) gardens, ponds and artificial streams enable the spatial re-creation of natural scenes described in classical Chinese and Japanese poetry. Such practices reveal that the garden is not only an aesthetic object but also a medium of cultural and historical narration (Brown, 2020; Gülgün et al., 2007). An examination of international examples demonstrates that Japanese garden design is universally applicable; however, it is also reinterpreted and reshaped in different geographies in accordance with cultural context and local perceptions. This indicates that water use possesses not only universal aesthetic value but also a strong capacity for cultural transmission (Smith, 2019).

From an ecological perspective, water contributes significantly to the support of biodiversity within garden environments. Ponds and natural flow corridors create habitats that help maintain environmental balance. These systems not only provide living spaces for vegetation and aquatic organisms but also deliver ecosystem services such as microclimate regulation and the maintenance of hydrological cycles. In contemporary Japanese gardens, sustainability-oriented practices such as rainwater harvesting, the conservation of natural flow paths, and the integration of low-water-consumption systems are becoming increasingly widespread. These approaches make it possible to address both the aesthetic and environmental functions of water in an integrated manner (Brown, 2020; Takeda, 2021).

The formal and functional diversity of water is another defining characteristic of Japanese gardens. Ponds, with their calm and reflective surfaces, provide spaces for meditation and contemplation. Streams and waterfalls, by contrast, introduce movement and dynamism, generating spatial rhythm. In dry gardens (*karesansui*), water is not present as a physical liquid but is represented symbolically through stones and raked gravel, foregrounding abstract and philosophical meanings. This diversity renders Japanese gardens a universal design model in terms of both the tangible and intangible uses of water (Takeuchi, 2018; Brown, 2020).

International Japanese gardens are particularly significant in demonstrating the cultural transmission capacity of water. Gardens established in different geographical contexts adapt to local materials and climatic conditions while preserving the aesthetic and symbolic role of water. This reveals that water is not solely a design element but also a medium of cultural communication. For example, in Japanese gardens in Europe and North America, pond and

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

stream systems reflect Japanese garden aesthetics while being integrated with local plant palettes and stone materials (Smith, 2019).

In conclusion, water constitutes the central and indispensable element of Japanese garden design. Through its aesthetic, symbolic, and ecological functions, water shapes spatial experience, transmits cultural connections, and becomes a key component of sustainable landscape design. Variations such as ponds, streams, waterfalls, and dry garden representations enable water to be expressed in both tangible and symbolic forms. International Japanese gardens, while transmitting cultural values through water, also demonstrate compatibility with contemporary sustainable design principles. Therefore, the use of water in Japanese gardens represents a critical point of reference for both traditional and modern landscape design practices.

REFERENCES

Akpinar Külekçi, E., Yazıcı, M.E. (2021). Design Features and Modern West Integrations of Zen Gardens. International Congress on the Phenomenological Aspects of Civil Engineering (PACE'21), 20-23 Haziran, p.634-640.

Altınçekiç, H. S. Ç. (2016). Garden Design in Japanese Spirit. Kastamonu University Journal of Forestry Faculty, 16(2).

Berthier, F. (2000). *Reading Zen in the Rocks: The Japanese Dry Landscape Garden*. University of Chicago Press.

Brown, S. (2020). *Sustainable Japanese Gardens: Integrating Ecology and Culture*. Routledge.

Conder, J. (1912). *The Landscape Gardening of Japan*. Maruzen.

Demirbaş, F. (1997). Historical Japanese Gardens and evaluation of their applicability in our country.

Goto, T. (2014). The Japanese garden as cultural landscape. Tokyo: Shokokusha.

Gök, A. B., & Bingöl, B. (2016). Zen gardens. Mehmet Akif Ersoy University Journal of the Institute of Science, 7(Special 1), 84-93.

Gülgün, B., Altuğ, İ., Aktaş, E., & Ankaya, F. Ü. (2007). Examples of Traditional Garden Styles. Agricultural Engineering, (349), 14-21.

Hayakawa, M. (2012). *The Gardens of Japan*. Frances Lincoln.

Ito, T. (2008). Zen aesthetics and spatial composition in traditional Japanese gardens. Landscape Research, 33(4), 385–399.

Keane, M. (2015). *Japanese Garden Design*. Tuttle Publishing.

Koren, L. (1994). Wabi-Sabi for Artists, Designers, Poets & Philosophers. Stone Bridge Press.

Kuitert, W. (2002). Themes in the history of Japanese garden art. Honolulu: University of Hawai'i Press.

Mitsumori, K., & Nakajima, K. (1985). Japanese gardens abroad: Cultural transfer and design principles. Sydney: Garden Art Press.

Nitschke, G. (1993). *Japanese Gardens: Right Angle and Natural Form*. Taschen.

Özgen, Y. (1988). Historical development of Japanese gardens. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 38(4), 90-97.

Özkan, S., & Ersoy, E. (2019). Cultural landscape transmission through Japanese gardens in Turkey. Journal of Environmental Design, 7(1), 45–60.

Smith, J. (2019). Water as a cultural landscape element in Japanese gardens. Landscape and Urban Planning, 189, 101–110.

Smyers, K. (1999). The Fox and the Jewel: Shared and Private Meanings in Japanese Inari Worship. University of Hawai'i Press.

Suzuki, D. T. (1959). Zen and Japanese Culture. Princeton University Press.

Takei, J., & Keane, M. (2001). *Sakuteiki: Visions of the Japanese Garden*. Tuttle.

Takeuchi, H. (2018). Water in Japanese garden tradition: Form, meaning, and experience. Kyoto: Tankosha Publishing.

Treib, M. (2018). *Nature Reborn: Japanese Landscape Architecture*. MIT Press.

Url-1, 2025. https://www.luxurygold.com/lg/stunning-japan-gardens/ (Access date: 12.09.2025). Url-1, 2025. https://www.luxurygold.com/lg/stunning-japan-gardens/ (Access date: 12.09.2025).

Url-2, 2025. https://www.etsy.com/listing/814935943/japanese-bridge-o-huntington-gardens-san?dd_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F (Access date: 15.09.2025).

Url-3, 2025. https://www.istockphoto.com/tr/foto%C4%9Fraflar/japanese-garden-bridge-landscape-japan (Access date: 18.09.2025).

Url-4, 2025. https://www.luxurygold.com/lg/stunning-japan-gardens/ (Access date: 12.09.2025).

Url-5, 2025. https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/kirsehir/gezilecekyer/japon-bahcesi- (Access date: 24.10.2025).

Walker, T. D. (2017). The Art of Water in Japanese Gardens. *Journal of Landscape Aesthetics*, 12(3), 45–63.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

THE IMPORTANCE OF ERZINCAN GİRLEVİK WATERFALL IN TERMS OF WETLAND ECOSYSTEMS AND ITS SUSTAINABLE USE POTENTIAL

Prof. Dr. Elif AKPINAR KÜLEKÇİ[1*]

[1] Ataturk University, Faculty of Architecture and Design, Department of Landscape Architecture, Erzurum-TURKEY.*
** e-mail: eakpinar@atauni.edu.tr ORCID 2: 0000-0003-2818-8562*

ABSTRACT

Wetlands play a critical role in the conservation of biodiversity due to their ecological functions and the ecosystem services they provide. Located within the borders of Erzincan province, Girlevik Waterfall is a regionally important wetland with its hydrological characteristics and rich diversity of flora and fauna. This study evaluates the importance of Girlevik Waterfall in terms of wetland ecosystems. The site's natural landscape values, ecotourism potential, recreational uses, and threats to sustainability are discussed. The research findings reveal that wetland ecosystem services should be taken into consideration for the waterfall's conservation and sustainable management. Furthermore, evaluating the region within the framework of sustainable tourism policies will contribute to both the preservation of the ecological balance and local development. The study concludes with recommendations for preserving the site's ecological balance, implementing planned ecotourism activities, and increasing the participation of local residents.

Keywords: Girlevik Waterfall, wetland ecosystems, biodiversity, sustainable use

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

1. INTRODUCTION

Waterfalls, one of the most striking components of natural landscapes, constitute important natural heritage areas in terms of both ecological and socio-cultural values. Formed through the interaction of river regimes, geological structures, and climatic conditions, these landforms directly influence regional biodiversity as well as tourism potential (Knight & Harrison, 2009). Beyond their aesthetic value, waterfalls occupy a critical position in sustainable environmental management by supporting the continuity of wetland ecosystems, exerting microclimatic regulatory effects, and providing recreational opportunities (Allan & Castillo, 2007).

Türkiye hosts numerous significant waterfalls due to its pronounced geomorphological diversity. Düden, Manavgat, Kurşunlu (Antalya), Tortum (Erzurum), Kapuzbaşı (Kayseri), and Muradiye (Van) waterfalls are among the prominent examples in terms of both ecotourism and cultural landscape value (Doğanay & Zaman, 2013). Girlevik Waterfall, located in Erzincan, represents a particularly noteworthy natural site at both regional and national scales. Most waterfalls are considered major attraction points in domestic and international tourism and contribute to local economic development (Çetinkaya, 2015). However, inappropriate land-use practices, uncontrolled visitor pressure, and climate change pose significant threats to the ecological integrity of waterfall ecosystems (Öztürk, 2018).

Similar examples can be observed worldwide. Niagara Falls (USA–Canada), Iguazu Falls (Brazil–Argentina), Victoria Falls (Zimbabwe–Zambia), and Angel Falls (Venezuela) are recognized as globally important natural assets not only for their outstanding natural beauty but also for their inclusion in the UNESCO World Heritage List (URL-1, 2025). These waterfalls attract millions of visitors annually and contribute substantially to national economies. Nevertheless, waterfall ecosystems may face threats such as pollution, habitat loss, and disruption of natural processes due to tourism-related activities (Chalise et al., 2019).

Therefore, waterfalls should be regarded not merely as scenic landscape features but as multifunctional ecosystems that support biophysical processes, generate tourism values, and contribute to the socio-economic development of local communities. The continuity of these functions inevitably requires the adoption of sustainable use approaches. In this context, examining the significance of Girlevik Waterfall in terms of wetland ecosystems and its sustainable use potential is of substantial value for both local and international literature.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

From a geomorphological perspective, waterfalls are landforms that clearly display the vertical energy transformations of fluvial systems and emerge at the overlapping zones of the hydrosphere and lithosphere. As intersection points of physical and ecological processes, they are of great importance in terms of erosion and deposition dynamics, microclimatic effects of hydrological regimes, heterogeneity of water-dependent habitats, and historical–cultural patterns of land use. The habitat diversity created by waterfalls at both horizontal and vertical scales produces unique microhabitats, particularly in systems characterized by limestone column (tufa/travertine) formations, where algae, mosses, benthic invertebrates, and certain amphibian taxa closely associated with water tend to concentrate (Caner, 2020).

From a geomorphological viewpoint, waterfalls represent knickpoints in longitudinal river profiles; these locations are directly related to fluvial equilibrium, flow energy, and sediment transport capacities. In waterfall systems where tufa or travertine accumulation is observed, chemical precipitation processes occur through interactions between dissolved calcium carbonate content and CO_2 exchange, leading to the gradual formation of complex terrace and dam-like structures (Çelik & Tagliasacchi, 2025). The presence of such structures facilitates the formation of pools and shallow basins, allowing local regulation of the flow regime and providing habitats for various species.

From an ecological perspective, waterfalls function as integral components of aquatic and riparian ecosystems and provide a wide range of ecosystem services. These include biodiversity conservation (habitat services), regulation of water regimes and local climate (regulating services), and recreational, aesthetic, and cultural values (cultural services) (URL-2, 2025; Caner, 2020). For local communities in particular, waterfalls are of considerable importance in both economic terms (tourism revenues, small-scale service provision) and social functions (public gathering areas, culturally symbolic natural sites) (URL-3, 2025).

However, the ecological sensitivity of waterfalls simultaneously makes these systems vulnerable to external pressures. Intensified recreational use, unplanned infrastructure development, water abstraction, pollution sources, and the impacts of climate change are among the primary factors disrupting the functions of waterfalls and their surrounding wetland systems (Caner, 2020). Systems based on depositional processes such as tufa and travertine are especially sensitive to even minor changes in water chemistry and flow regimes; for instance, decreases in discharge or alterations in dissolved substance concentrations may halt or reverse

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

tufa formation processes (Çelik & Tagliasacchi, 2025). This sensitivity necessitates management plans supported by robust scientific data.

In the context of Türkiye, waterfalls gain economic value primarily through their local tourism potential while simultaneously representing natural heritage assets that require protection. As observed in the case of Girlevik Waterfall in Erzincan, initiatives by regional development agencies and local administrations to promote and intensify the use of such areas may lead to biological and geomorphological degradation if not balanced by adequate conservation measures (URL-4, 2025). An effective management approach requires the determination of ecological carrying capacity, the adoption of low-impact principles in infrastructure planning, and the establishment of systematic water quality and flow monitoring programs (Caner, 2020). Moreover, the sustainable use of ecosystem services provided by waterfalls requires the participation of local communities and the equitable distribution of benefits. Ecotourism-based approaches, guiding services, integration of local products into the economy, and environmental education can both enrich visitor experiences and reduce environmental pressures. In this respect, multi-stakeholder cooperation models involving local governments, universities, non-governmental organizations, and local residents should form the basis of management planning (URL-3, 2025). Approaches that combine scientific monitoring with public participation represent one of the most effective methods for achieving long-term conservation objectives.

In summary, waterfalls are not merely visual landscape elements but dynamic natural systems in which hydraulic, geomorphological, and ecological interactions are highly concentrated. Therefore, studies focusing on Girlevik Waterfall should not only detail the geomorphological and hydrological characteristics of the area but also address biodiversity, ecosystem services, and sustainable use principles within an integrated management framework (Çelik & Tagliasacchi, 2025). Integrated management strategies that incorporate monitoring, planning, education, and local participation are essential for the conservation of such sensitive areas and for the generation of sustainable benefits.

The aim of this study is to examine the wetland ecosystems of Girlevik Waterfall (Erzincan, Türkiye) in terms of ecological, biological, and landscape values and to reveal the sustainable use potential of the area. The research seeks to evaluate the importance of the waterfall and its surrounding wetlands in terms of biodiversity, to identify ecosystem services, and to develop

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

applicable recommendations for ecotourism and sustainable landscape management. In this context, the study aims to provide a scientific foundation for sustainable use strategies that will contribute both to the conservation of natural resources and to regional development.

2. MATERIALS AND METHODS

This study was conducted based on a qualitative review approach. Within the scope of the research, the existing literature on the geomorphological characteristics, wetland dynamics, recreational use, and conservation policies related to Girlevik Waterfall was systematically examined. During the review process, documents from local authorities, regional development agency reports, journalistic and travel-oriented descriptive sources, as well as academic articles focusing on tufa formations and regional geology were analyzed. In particular, scientific studies and management plans addressing the travertine accumulations, hydrological processes, and landscape characteristics specific to Girlevik Waterfall constituted the conceptual and descriptive framework of the study.

The data sources were identified through nationally and regionally recognized and reliable information platforms. The selected sources were evaluated using content analysis. A comparative reading across multiple data types (management documents, scientific texts, and popular publications) was conducted in order to develop a comprehensive assessment of the ecological and landscape values of Girlevik Waterfall.

3. LANDSCAPE VALUE OF GIRLEVIK WATERFALL

The landscape value of Girlevik Waterfall exhibits a multi-layered character shaped by its morphological structure, water dynamics, biological diversity, and human–nature interactions. The tufa/travertine terraces and successive water cascades represent not merely geomorphological forms, but offer a holistic landscape experience through the integration of moving water, light–shadow effects, acoustic qualities of flowing water, humidity, and green vegetation texture. Such natural formations bring together wetland ecosystem services and aesthetic–cultural values, transforming the landscape from a simple natural component into a socially and visually constructed “place” (Farina, 2000).

In the assessment of wetland landscapes, spatial diversity and habitat heterogeneity are considered key indicators (Taddeo & Dronova, 2020; Uuemaa et al., 2009). In Girlevik, the presence of tufa terraces, water surfaces, moist rock faces, shaded zones, and riparian vegetation

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

communities creates diverse ecological niches, resulting in high levels of spatial and ecological diversity. This heterogeneity not only contributes to increased biological diversity but also enhances overall landscape quality and the richness of visual composition (Alphan, 2021; Walz, 2011).

From a landscape architecture perspective, waterfalls as natural water–landscape systems can be regarded as integrated components of recreation, nature-based tourism, and green infrastructure (Url-1, 2025). The dense natural texture, visually balanced water–green structure, potential for sustainable nature tourism, and experiential opportunities such as picnicking, scenic observation, and immersion in nature provided by Girlevik Waterfall constitute a significant value in terms of landscape planning and conservation. In this sense, the waterfall functions not only as a habitat supporting biodiversity, but also as a "green public space" acting as a bridge between social life and nature.

However, this landscape value also indicates a fragile balance. The sustainability of wetland landscapes is directly dependent on the stability of the water regime, respect for natural morphology in land use, the conservation of habitat heterogeneity, and the management of anthropogenic pressure (Wu, 2013; Taddeo & Dronova, 2020). In the case of Girlevik, unplanned visitor use, direct trampling on tufa surfaces, pollution, and deterioration of water quality may negatively affect landscape composition, aesthetic appearance, and ecosystem integrity.

The landscape value of Girlevik Waterfall is multidimensional, encompassing geomorphological forms, water–vegetation texture, visual aesthetics, and social use (Figure 1). The conservation and sustainable use of this value are only possible through landscape planning, conservation policies, the ecosystem services approach, and sensitive recreation management. In this context, Girlevik should be considered a significant exemplary site that integrates social and ecological benefits and reflects the contemporary relevance of natural landscapes.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Figure 1. A general view of Girlevik Waterfall (Url-4, 2025).

Girlevik Waterfall: Physical and Hydrological Characteristics

Girlevik Waterfall is located approximately 29–35 km from the city center of Erzincan and is formed by successive cascades created by spring waters emerging from the foothills of the Munzur Mountains (Çelik & Tagliasacchi, 2025; Url-2, 2025). The waterfall complex descends through multiple narrow vertical channels over travertine/tufa terraces, and this structural configuration not only enhances landscape aesthetics but also supports a high degree of microhabitat diversity (Kültür Portalı, 2021). The hydrological regime of the area is spring-fed and exhibits continuity throughout both summer and winter seasons, providing favorable conditions for water-dependent plant communities and moisture-sensitive microhabitats. When combined with the porous structure of the travertine/tufa terraces, this hydrological continuity enables the accumulation and redistribution of water in microenvironments, thereby contributing to the conservation of biological diversity in the region (Polat, 2013).

Tufa and travertine formations develop through the precipitation of carbonate-rich spring waters as a result of CO_2 degassing and changes in water alkalinity. These processes are of critical importance for both geomorphological and ecological dynamics. The continuity of

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

water flow in Girlevik Waterfall maintains the moisture balance of microhabitats while simultaneously creating suitable living environments for aquatic plants, bryophytes, and various invertebrate species (Çelik & Tagliasacchi, 2025; Url-1, 2025). Historically, the hydropower potential of the area was evaluated by the State Hydraulic Works of Türkiye (DSİ), and small-scale energy production possibilities were investigated in the lower sections; however, today Girlevik is primarily characterized by its role in nature conservation and recreation (Url-4, 2025).

These hydrological characteristics significantly enhance the importance of Girlevik Waterfall in terms of wetland ecosystems. The continuous, spring-fed water flow ensures the persistence of travertine/tufa formation processes and supports the continuity of ecosystem services. For this reason, sustainable management of the area requires systematic monitoring of the water regime, conservation of ecosystem functions, and control of visitor pressure (Mitsch & Gosselink, 2015; Polat, 2013). In this context, Girlevik Waterfall emerges as a wetland of strategic ecological and hydrological value.

Ecological Significance: Biodiversity and Ecosystem Services

Girlevik Waterfall and its surroundings host a wide range of flora and fauna communities due to the niches created by wetland morphology and travertine/tufa terraces (Çelik & Tagliasacchi, 2025; Polat, 2013). The area provides suitable habitats particularly for water-dependent vegetation, moisture-sensitive bryophytes, benthic microorganisms, various invertebrates, and certain amphibian species. In addition, bird communities—especially species preferring aquatic and humid environments—find feeding and breeding habitats within the dense vegetation surrounding the waterfall. In this respect, Girlevik functions as a critical biological transition zone at the interface of terrestrial and aquatic ecosystems (Mitsch & Gosselink, 2015; Pentecost, 2005).

The ecosystem services of wetlands are not limited to biodiversity. Girlevik Waterfall also possesses significant recreational value, offering opportunities for cooling, picnicking, and relaxation for local residents and visitors, particularly during the summer season (Url-1, 2025). Moreover, the green spaces surrounding the waterfall provide regulating and cultural ecosystem services such as microclimate regulation, erosion control, carbon sequestration, and visual–

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

aesthetic values. These services contribute to local quality of life and indirectly support the regional economy through tourism and recreation-related revenues (Polat, 2013).
However, intensive visitor flow, unregulated picnic and recreational use, insufficient waste management, and physical alterations of the area pose significant threats to ecosystem functions (Mitsch & Gosselink, 2015). These pressures manifest particularly in the degradation of water-dependent plant communities, deterioration of water quality, increased sediment loads, and visual pollution. Similarly, interventions on tufa and travertine surfaces or excessive visitor traffic may lead to the degradation of microhabitats and the loss of benthic organisms' living spaces (Chafetz & Folk, 1984; Pentecost, 2005). Such impacts threaten not only biological diversity but also the continuity of ecosystem services provided by the wetland.

Therefore, the ecological importance of Girlevik Waterfall is not limited solely to biodiversity but is directly linked to its water regime, travertine/tufa formation processes, and microhabitat heterogeneity. Sustainable management of the area is thus a critical requirement for both controlling visitor pressure and ensuring the continuity of ecosystem services. Protection and planned use of the area will enable the long-term maintenance of biodiversity, climate regulation, aquatic habitat support, and recreational services provided by wetland ecosystems (Mitsch & Gosselink, 2015; Polat, 2013; Çelik & Tagliasacchi, 2025).

4. CONCLUSION AND EVALUATION

The strategies proposed for the sustainable management of Girlevik Waterfall include the regular implementation of hydrological monitoring, the regulation of controlled land use, and the application of carrying-capacity-based visitor planning. In this context, it is recommended that the water regime and chemical characteristics of the waterfall be monitored through discharge–chemical analyses at least four times per year, that direct physical contact with tufa surfaces be restricted for conservation purposes, and that wooden boardwalk networks be established to guide visitor circulation. Seasonal visitor limits should be determined within the framework of carrying capacity in order to balance use and conservation and to minimize the negative impacts of visitor pressure on the ecosystem. In addition, an ecotourism-based management model may provide simultaneous conservation and socio-economic benefits through the support of local guiding services, promotion of local product economies, and the implementation of environmental education activities. Furthermore, the establishment of biodiversity monitoring programs in which bird, macroinvertebrate, and plant taxa are recorded

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

annually is of great importance for protecting the ecological integrity of the area and for enabling science-based tracking of environmental change.

Evaluations of Girlevik Waterfall indicate that the region possesses a strong ecological backbone shaped by its natural spring-fed hydrological regime, travertine/tufa formation processes, and wetland character. The year-round continuity of spring waters not only sustains ongoing carbonate deposition processes but also plays a determining role in the maintenance of aquatic habitats. This condition constitutes one of the main reasons for the observed richness of flora and fauna in the area and is of vital importance particularly for bryophyte communities, benthic invertebrates, and species dependent on humid microhabitats. In this sense, Girlevik should be regarded not merely as a waterfall form, but as an integrated ecosystem component in which hydrochemical processes actively support biological diversity.

Nevertheless, the natural structure of the area is accompanied by significant fragility. While tufa and travertine systems develop through slow and millimetric deposition processes, anthropogenic pressures have the potential to produce rapid and severe impacts that threaten geomorphological units. Increasing visitor traffic, intensive picnic use, uncontrolled walking and photography activities, trampling, and surface abrasion around the waterfall contribute to the degradation of fragile wet surfaces, particularly by destroying biofilm and moss layers and causing the loss of microhabitats. Potential declines in water quality may slow carbonate precipitation mechanisms and tufa development, thereby irreversibly altering even the physical dynamics of the landscape.

The assessments further indicate that Girlevik Waterfall represents a landscape system that encompasses not only natural landscape values but also social and economic functions. Through recreational use, the waterfall generates indirect income for the local economy; however, the sustainability of these benefits depends on maintaining a balance between conservation and use. The limited resilience of natural resources to tourism pressure highlights the necessity of conducting planning and management processes on a scientific basis. Controlled visitor management, determination of carrying capacity, implementation of waste control programs, and administrative protocols restricting physical interventions on natural surfaces constitute critical tools for ensuring ecological continuity in the area.

In conclusion, the hydrological, geomorphological, and biological characteristics of Girlevik Waterfall elevate the area from a merely aesthetic and recreational natural site to a wetland

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ecosystem of high conservation value. Future studies should therefore focus on long-term monitoring of water quality, geochronological assessment of tufa development processes, detailed biodiversity inventories, and the measurement of human-use impacts on ecosystem functions. The sustainable management of Girlevik can only be achieved through integrated approaches that support natural processes, control use pressures, and aim to ensure the long-term continuity of ecosystem services.

5. REFERENCES

Allan, J. D., & Castillo, M. M. (2007). *Stream ecology: Structure and function of running waters* (2nd ed.). Springer.

Alphan, H. (2021). Landscape pattern metrics and ecological quality in Mediterranean environments. *Landscape and Urban Planning, 206*, 103974. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103974

Caner, N. (2020). *Wetland ecosystems and management*. Nobel Academic Publishing.

Chafetz, H. S., & Folk, R. L. (1984). Travertines: Depositional morphology and the bacterially constructed constituents. *Journal of Sedimentary Petrology*, *54*(1), 289–316.

Chalise, S., Bhatta, K. D., & Sapkota, R. P. (2019). Tourism-induced environmental impacts in waterfall ecosystems. *Journal of Sustainable Tourism*, *27*(9), 1353–1369. https://doi.org/10.1080/09669582.2019.1630723

Çelik, Y., & Tagliasacchi, E. (2025). Gürlevik Tufa Waterfall: Facies characteristics, depositional systems and geoheritage potential (Erzincan, East Anatolia). *Bulletin of the Geological Society of Turkey*, *68*(2), 205–224.

Daily Sabah. (2019). Girlevik Waterfall attracts nature lovers in eastern Turkey. *Daily Sabah*.

Doğanay, H., & Zaman, S. (2013). *Tourism geography of Turkey* (4th ed.). Pegem Academy.

Farina, A. (2000). *Ecology and landscape: Landscape definition and conservation–planning approaches in the light of ecological principles*.

Knight, J., & Harrison, S. (2009). The impacts of climate change on waterfalls. *Geography Compass*, *3*(6), 2072–2091. https://doi.org/10.1111/j.1749-8198.2009.00294.x

Millennium Ecosystem Assessment (MEA). (2005). *Ecosystems and human well-being: Wetlands and water synthesis*. Island Press.

Mitsch, W. J., & Gosselink, J. G. (2015). *Wetlands* (5th ed.). John Wiley & Sons.

Öztürk, M. Z. (2018). Morphometric analysis of karstic closed depressions (dolines). *Journal of Geography, (36)*, 1–13.

Pentecost, A. (2005). *Travertine*. Springer.

Peyzaj Çevre ve Tarım. (2011). *Landscape*. Anadolu University Press.

Polat, H. (2013). Travertine formation, distribution areas and conservation in Turkey. *Journal of Geomorphology*, *21*(1), 45–59.

Taddeo, S., & Dronova, I. (2020). Landscape metrics for wetland structure–function studies: Review and efficiency testing of widely used metrics.

Uuemaa, E., Antrop, M., Roosaare, J., Marja, R., & Mander, Ü. (2009). Landscape metrics and indices: An overview of existing software and an example with typical Baltic–Nordic landscapes.

URL-1, 2025. https://en.wikipedia.org/wiki/G%C3%BCrlevik_Waterfalls (Access date: 01.09.205).

URL-2, 2025. https://kudaka.gov.tr/bolgemiz/erzincan/erzincan-gezilecek-yerler/girlevik-selalesi (Access date: 15.09.205).

URL-3, 2025. Girlevik Waterfall in Erzincan welcomes local and foreign tourists. https://www.aa.com.tr/tr/yasam/erzincan-daki-girlevik-selalesi-yerli-ve-yabanci-turistleri-agirliyor/2666060 (Access date: 22.09.205).

Url-4, 2025. https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/erzincan/gezilecekyer/girlevik-selalesi (Access date: 08.10.205).

Walz, U. (2011). Potential and limitations of landscape metrics for ecological research and nature conservation. *Landscape Ecology.*

Wu, J. (2013). Spatial and temporal dynamics in wetland vegetation: the role of stochastic environmental variation. (Spatio-temporal stochastic resonance induces patterns in wetland vegetation dynamics).

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

YOL YAPIM TEKNİKLERİNDE YAPAY ZEKANIN KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Dr. Öğretim Üyesi, Özlem BATTAL ŞAL

Karabük Üniversitesi, ozlembattal@karabuk.edu.tr- 0000-0002-2308-7933

Öğrenci, Hawaa HAMID AL HUSSIN*

Karabük Üniversitesi, evaalhussin@icloud.com- 0009-0003-8580-9924

ÖZET

İnşaat sektörü, ekonomide büyük bir sektör olup ekonomik büyüme ve ulusal kalkınmada hayati bir rol oynamaktadır. Yol inşaatı hem sosyal hem de ekonomik düzeyde artan ihtiyaçların karşılanmasında merkezi bir öneme sahiptir. Bununla birlikte, özellikle yol projelerinde kullanılan geleneksel inşaat yöntemleri, yüksek işgücü gereksinimi, düşük verimlilik, yüksek enerji tüketimi ve çevresel riskler gibi birçok sorunla karşı karşıyadır. Bu sorunları aşmak ve projelerin kalite ve verimliliğini artırmak amacıyla, özellikle Yapay Zekâ ve Makine Öğrenimi, yol inşaatı sektöründe yenilikçi çözümler sunmaktadır. Yapay Zekâ, proje ilerlemesini izleme, veri toplama ve analiz, kaynak yönetimi ve karar destek sistemlerinde önemli avantajlar sağlamaktadır. Bununla birlikte, geleneksel çalışma kültüründen algoritma tabanlı dijital yöntemlere geçiş, veri eksikliği ve yüksek öğrenme eğrisi gibi zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu araştırmanın amacı, yol inşaatı sektöründe Yapay Zekâ uygulamalarının potansiyelini incelemek ve karşılaşabileceği zorlukları ortaya koymaktır.

Anahtar Kelimeler: Risk yönetimi, yol yapımı, risk analizi, yol yapım teknikleri

1. GİRİŞ

Yol inşaatı sektörü, ülkelerin ekonomik kalkınmasında önemli bir yere sahiptir. Ancak birçok ülkede çalışmalar hâlâ enerji tüketimi yüksek ve verimliliği düşük geleneksel yöntemlerle yürütülmektedir. Bu nedenle Endüstri 4.0'ın sunduğu yapay zekâ, IoT ve dijital sistemler, yol yapım süreçlerinde daha güvenli, hızlı ve sürdürülebilir çözümler sunma potansiyeline sahiptir. [1]

Yol yapımı, bir ülkenin ekonomik ve sosyal gelişiminin temel unsurlarından biridir. Ulaşım altyapısının geliştirilmesi, mal ve hizmet akışının hızlanmasını, bölgeler arası bağlantının güçlenmesini ve yaşam kalitesinin artmasını sağlar. Ancak, geleneksel yol yapım yöntemleri zaman alıcı, maliyetli ve insan hatalarına açık süreçlerdir. Bu nedenle, daha verimli, güvenilir ve sürdürülebilir çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Yapay zekâ, insan zekâsını taklit ederek öğrenme, düşünme, problem çözme ve karar verme gibi bilişsel süreçleri gerçekleştirebilen sistemlerdir. Büyük miktarda veriyi analiz ederek karmaşık durumlarda hızlı, doğru ve veriye dayalı kararlar alabilir. Günümüzde sağlık, eğitim, finans, tarım, sanayi ve ulaştırma gibi birçok farklı alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle inşaat ve yol yapımı sektörlerinde, proje planlama, kalite kontrol, kaynak yönetimi ve bakım süreçlerinde önemli katkılar sağlamaktadır. YZ algoritmaları sayesinde şantiyelerdeki

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

veriler gerçek zamanlı olarak analiz edilmekte, olası hatalar önceden tespit edilmekte ve iş güvenliği artırılmaktadır. Ayrıca, trafik yönetimi, yol güvenliği ve sürdürülebilir ulaşım sistemlerinin geliştirilmesinde de aktif bir rol oynamaktadır. Sonuç olarak, yapay zekâ teknolojileri sayesinde yol projeleri daha verimli, güvenli ve çevre dostu bir şekilde tamamlanabilmektedir [2].

Son yıllarda teknolojinin hızlı gelişimiyle birlikte, yapay zekâ uygulamaları yol yapım sürecinde önemli bir rol oynamaya başlamıştır. Karar destek sistemleri geliştirme ve süreçleri optimize etme kabiliyeti sayesinde, inşaat sektöründe yenilikçi çözümler sunulmaktadır. Bu bağlamda, araştırmanın amacı yol yapımında yapay zekâ tekniklerinin ve algoritmalarının kullanımını incelemek ve geçmişteki uygulama örneklerini değerlendirmektir.

Mazari ve arkadaşları, yapay zekâyı yol yapımında kullanarak yol yüzeyindeki bozulmaları tespit ettiler ve bakım gereksinimlerini önceden belirlediler. Proje planlamasında yapay zekâ algoritmaları sayesinde malzeme miktarını optimize ettiler ve israfı azalttılar. Şantiyede gerçek zamanlı veri analizi yaparak iş güvenliğini artırdılar ve olası riskleri en aza indirdiler. Trafik akışını izlemek için yapay zekâ destekli sistemler kurdular ve sıkışıklığı azaltacak önlemler aldılar. Yapay zekâ tabanlı kalite kontrol uygulamaları ile yol yapımında standartlara uygunluğu sağladılar. Ayrıca, bakım ve onarım süreçlerini yapay zekâ ile planlayarak yolların ömrünü uzattılar [2].

İnşaat ve yapı sektörleri, özellikle yol yapımı, dijital teknolojileri betimlemede yavaş kalmıştır, oysa bu teknolojilerin üretkenlik ve verimliliği artırdığı kanıtlanmıştır. Yol yapım sektörü, yüksek rekabet ve müşteri beklentileri nedeniyle kaliteyi artırma baskısı altındadır. Dijital teknolojiler arasında, Makine Öğrenimi (ML) güçlü problem çözme yetenekleri göstermiştir; ancak geleneksel deneyime dayalı yöntemler ve veri eksikliği nedeniyle benimsenmesi zorluklarla karşılaşmaktadır. Konvansiyonel Sinir Ağları ve pekiştirmeli öğrenme gibi önemli gelişmeler, ML'nin süreçleri iyileştirmedeki potansiyelini ortaya koymaktadır [3].

Bu çalışmada öncelikle literatür taraması aracılığıyla yapay zekâ teknikleri ve algoritmaları tanıtılarak mevcut uygulamalar değerlendirilmiştir. İkinci bölümde yapay zekanın tanımı detaylı olarak yapılarak kullanım alanları hakkında bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde yol yapım tekniklerinden bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde yapay zekâ tekniklerinin yol yapım teknikleri bakımından kullanılabilirliği üzerinde değerlendirme yapılmıştır. Son bölümde ise çalışmanın genel değerlendirilmesi yapılarak önerilerde bulunulmuştur.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Gurko ve Miroshny, yaptıkları çalışmada yapay zekâ (YZ), bilgisayarların ve makinelerin öğrenme, analiz yapma ve karar verme gibi insan zekâsı gerektiren görevleri yerine getirmesini sağlayan bir dizi teknoloji olduğunu belirtmektedir. Bu teknolojiler arasında Makine Öğrenimi (ML), Derin Öğrenme (DL), Bilgisayarlı Görüntü İşleme (CV) ve Robotik Süreç Otomasyonu (RPA) yer almaktadır. Bu teknolojiler, yol yapımının tüm aşamalarında kullanılabilmektedir. Başlıca uygulamalar; proje planlamasının iyileştirilmesi, malzeme miktarının tahmini, asfalt kalitesinin kontrolü, inşaat makinelerinin yönetimi, iş güvenliğinin artırılması ve yol yüzeyindeki çatlaklar ile çukurların erken tespiti olarak öne çıkmaktadır. Buna rağmen, yol yapımında yapay zekâ uygulamaları bazı zorluklarla karşılaşılabilmektedir. Bunlar; güvenilir ve yeterli veri ihtiyacı, yazılım ve donanım yatırımları, fikri mülkiyet ve gizlilik sorunları ile çalışanların yeni teknolojilere adaptasyonu gerekliliğidir [1].

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Mazari ve arkadaşları [2] inşaat sahalarının izlenmesi için yapay zekâ ve derin öğrenme uygulamalarına odaklanmışlardır. Bu süreçte ekipman ve işçilerin videoları ve sahadan alınan görüntüleri kullanılarak tespit, sınıflandırma ve takibi yapılmıştır. 10.000'den fazla yol inşaat ekipmanı görüntüsü içeren etiketli verilerle geliştirilmiş iyileştirilmiş bir YOLO (You Only Look Once) modeli geliştirilmiş ve veri artırma ile bilgisayarla görme teknikleri uygulanarak modelin farklı çevre koşullarında genelleme yeteneği artırılmıştır. Sonuçlar, modelin çoğu kategori için %98–99 doğruluk oranıyla ekipmanı tespit edebildiğini ve karmaşık sahnelerde bile yüksek güven skorları sağladığını göstermektedir. Bu sonuçlar, yapay zekanın proje izleme, kaynak dağılımı, üretkenlik analizi ve iş sahası güvenliğinin artırılması gibi alanlarda iyileştirmeler sağlayabileceğini ve gelecekte uygulamanın insansız hava aracı görüntüleri ve transfer öğrenme tekniklerini de kapsayacak şekilde genişletilebileceğini göstermektedir.

Shen ve arkadaşları çalışmalarında makine öğrenimi tekniklerinin, uzun garanti süreleri ve artan rekabet ortamında yol inşaatı projelerinin kalite ve verimliliğini artırmada önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedirler. Makine öğreniminin başlıca uygulama alanları yol kaplama bozulmalarının sınıflandırılması ve tespiti, önleyici bakım ve asfalt karışımı özelliklerinin performans tahmini olarak öne çıkmaktadır ve genellikle CNN (Evrimsel Sinir Ağı) ve ANN (Yapay Sinir Ağı) gibi derin öğrenme algoritmaları kullanılmaktadır. Veri kaynakları arasında araştırmacı tarafından üretilen veriler ve kamuya açık veriler yer almakta ve bu da model performansını ve genellenebilirliği etkileyebilmektedir [3].

Pan ve Zhang'in çalışmasına dayanarak, yapay zekânın inşaat mühendisliği ve yönetimindeki (CEM) rolünü incelemişlerdir. Bu incelemede, CEM alanında yapay zekâ teknolojilerinin mevcut ve gelecekteki benimsenme durumunu açıklamak için nicel ve nitel analiz yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışmada, yapay zekâya bu alanda rekabet avantajı sağlayan altı popüler araştırma konusuna odaklanılmıştır: bilgi temsili ve akıl yürütme, bilgi entegrasyonu, bilgisayarlı görü, doğal dil işleme, akıllı optimizasyon ve süreç madenciliği. Ayrıca, CEM'de yapay zekânın uygulama alanlarını da ele almışlardır. Bunlar arasında akıllı robotlar, bulut tabanlı sanal ve artırılmış gerçeklik (Cloud VR/AR), nesnelerin interneti (IoT), dijital ikizler, dört boyutlu baskı (4D Printing) ve blok zinciri teknolojileri yer almaktadır. Her uygulama senaryosunun, görevlerin ve hedeflerin doğasına bağlı olarak farklı yapay zekâ teknikleri gerektirdiğini belirtmişlerdir [4].

Gopal ve Radhika tarafından gösterildiği gibi, literatürde altyapı ve özellikle karayolu projelerinde süre ve maliyet tahmini amaçlı çok sayıda çalışmanın yer aldığı; ancak bu çalışmaların çoğunlukla regresyon modelleri, uzman sistemleri ve parametrik yaklaşımlar kullandığı belirtilmiştir. YSA uygulamalarının sayısı daha sınırlı olmasına rağmen, bu yöntemlerin hem sayısal hem nitel değişkenlerle çalışabilmesi ve doğrusal olmayan ilişkileri yakalamadaki üstünlüğü vurgulanmıştır [5].

3. YAPAY ZEKÂ

3.1. Yapay Zekâ Nedir?

Yapay zekâ, insan zekâsının öğrenme, akıl yürütme, problem çözme ve karar verme gibi bilişsel işlevlerini taklit edebilen bilgisayar sistemleri olarak tanımlanır. Yapay zekanın temel amacı, makinelerin insan benzeri düşünme yeteneklerine sahip olmasını sağlamaktır. Bu sistemler, büyük veri setlerini analiz ederek örüntüler bulur, geçmiş deneyimlerden öğrenir ve yeni durumlara uyum sağlar.

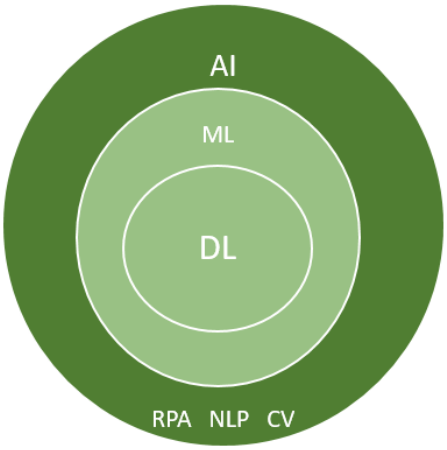
ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Yapay zekâ, makine öğrenmesi (machine learning), derin öğrenme (deep learning), doğal dil işleme (natural language processing) ve bilgisayarlı görü (computer vision) gibi alt alanlardan oluşmaktadır. Bu teknolojiler sayesinde makineler yalnızca önceden tanımlanmış görevleri yerine getirmekle kalmaz, aynı zamanda verilerden öğrenerek performanslarını sürekli geliştirmektedir. Günümüzde yapay zekâ, sağlık, finans, eğitim, ulaşım ve inşaat gibi birçok sektörde kullanılmaktadır. Özellikle yol yapımı alanında yapay zekanın kullanımı, süreçlerin otomasyonu, maliyetin azaltılması ve güvenliğin artırılması açısından büyük avantajlar sağlamaktadır [1].

Yapay zekâ, birbirine yakın ilişkili ve çoğu zaman kesişen bir dizi teknolojiyi kapsar; çünkü bu teknolojilerin algoritmaları ve çalışma prensipleri benzer yöntemler ve yaklaşımlar kullanılmaktadır.

Yapay zekanın başlıca teknolojileri şunlardır:

- Makine Öğrenimi (ML),
- Derin Öğrenme (DL),
- Doğal Dil İşleme (NLP),
- Bilgisayarlı Görüntü İşleme (CV) ve
- Robotik Süreç Otomasyonu (RPA).



Görsel 1. Temel yapay zekâ teknolojileri

Tüm bu teknolojiler, modelleri eğitmek için büyük veri analizine dayanmaktadır ve makine öğrenimi, diğer teknolojilerin üzerine inşa edildiği temel bir yapıdır (Görsel 1) [1].

"Akıllı makineler yapma bilimi ve mühendisliği" tanımı ortaya konmuştur. Bu tanım, insanı taklit edebilen makineler oluşturma konusundaki erken fikirleri yansıtmaktadır. Daha sonra şu şekilde tanımlanmıştır: "Akıllı makineler, özellikle de akıllı bilgisayar programları yapma bilimi ve mühendisliğidir. Bu alan, bilgisayarları kullanarak insan zekâsını anlama görevine benzer bir hedefle ilişkilidir, ancak yapay zekâ yalnızca biyolojik olarak gözlemlenebilir yöntemlerle sınırlı değildir." Kısaca, yapay zekâ günümüzde dışarıdan aldığı verileri analiz ederek kendi kararlarını verebilen ve zamanla kararlarının kalitesini artırmak için sürekli öğrenen bir yazılım programı olarak tanımlanabilir [1].

3.2. Yapay Zekâ Kullanım Alanları

Yapay zekâ, modern çağın en önemli teknolojik yeniliklerinden biri olarak, sistemlerin performansını artırmada ve insanların yaşamını kolaylaştırmada önemli bir rol oynamaktadır. Kullanımı artık yalnızca araştırma laboratuvarları veya teknolojik uygulamalarla sınırlı kalmayıp, çeşitli kritik ve ekonomik alanlara yayılmıştır. Sağlıktan ulaştırmaya, eğitimden

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

sanayiye kadar, yapay zekâ, verileri analiz etme ve karar alma süreçlerini daha hızlı ve daha doğru bir şekilde yürütmek için temel bir araç haline gelmiştir; bu da hayatımızın her yönünde yenilik ve gelişim için yeni fırsatlar sunmaktadır.

Macit yaptığı çalışmada yapay zekânın kullanımı her türlü ve tüm ulaşım hatlarında vardır. Karayolu taşımacılığında yapay zekâ, yolcu ve sürücü davranışlarını izlemek, güvenliği artırmak, yolcu memnuniyetini iyileştirmek ve elektrikli ile otonom araçların kullanımını kolaylaştırmak için kullanılmaktadır [6]. Demiryolu taşımacılığında yapay zekâ, yolcu akışını analiz etmek, operasyonları iyileştirmek, tahmine dayalı bakım yapmak, trenleri izlemek ve sürücüsüz trenler geliştirmek için uygulanmaktadır. Denizyolu taşımacılığında yapay zekâ, gemi hareketlerini analiz etmek, enerji optimizasyonu sağlamak, rota planlaması yapmak, otonom gemileri desteklemek ve deniz trafiğini yönetmek amacıyla kullanılmaktadır. Havayolu taşımacılığında yapay zekâ, Chatbot sistemleri ile rezervasyon ve iletişimi geliştirmek, uçuş planlaması yapmak, hava trafik yönetiminde karar destek sağlamak, insansız hava araçlarını geliştirmek ve tek pilotlu ticari uçak operasyonlarını desteklemek için kullanılmaktadır. Trafik yönetiminde yapay zekâ, trafik ışıklarını optimize etmek, yoğunluğu tahmin etmek, dronlarla izleme yapmak, deniz ve hava trafiğini yönetmek ve acil durumlarda akıllı çözümler sunmak için uygulanmaktadır. Yapay zekâya dayalı akıllı ulaşım araçları; otomobiller, uçaklar, gemiler ve trenler gibi sürücüsüz veya otonom araçları kapsamakta, derin öğrenme ve veri işleme teknikleri ile çevresel algılama, yol planlama ve karar alma süreçlerini geliştirmektedir; böylece güvenlik, verimlilik ve sürdürülebilirlik sağlanmaktadır.

Katsarov ve Penkov çalışmalarında yapay zekâ, yol yönetimi ve altyapı sektöründe birkaç önemli alanda kullanıldığı göstermişlerdir. Öncelikle, yol ağlarının envanteri için yapay zekaya başvurulmakta, bu sayede envanter sürecinin hızı ve kalitesi artırılmakta ve rastgelelik azaltılmaktadır; veriye dayalı ve doğru sonuçlar sunulmaktadır. Ayrıca, yapay zeka yol güvenliğini artırmada önemli bir rol oynamaktadır; toplanan veriler analiz edilerek risk değerlendirmesi yapılmakta ve bakım önlemleri ile kazaların azaltılması sağlanmaktadır. Bunun yanı sıra, yapay zekâ, veri toplama ve analiz alanında farklı teknolojilerle kullanılmaktadır; mobil haritalama sistemleri, hava fotoğrafı çalışmaları, uzaktan algılama ve uydu görüntüleri ile mobil uygulamalar ve bağlı araçlar sayesinde büyük miktarda veri işlenmekte ve yolların ve varlıkların durumu sürekli izlenmektedir. Son olarak, yapay zekâ, karar verme sürecini destekleme işlevi görmektedir; yetkililere bakım, onarım ve geliştirme önceliklerini belirlemede doğru ve güvenilir bilgiler sağlamaktadır [7].

3.3. Yapay Zekâ Araçları

Yapay zekâ araçları, bilgisayarların ve sistemlerin insan zekâsı gerektiren görevleri yerine getirmesini sağlayan çeşitli yazılım ve teknolojileri içermektedir. Bu araçlar, Makine Öğrenimi ile verilerden öğrenmeyi ve zamanla performansı artırmayı, Derin Öğrenme ile karmaşık verileri (görüntü ve video gibi) işlemeyi mümkün kılmaktadır. Ayrıca, Doğal Dil İşleme (Natural Language Processing – NLP) metin ve konuşmayı analiz ederken, Bilgisayarla Görme (Computer Vision) görsellerdeki şekil ve desenleri tanımaktadır. Bu araçlar, tahmine dayalı analizler ve karar destek sistemleri gibi uygulamalarla, sağlık, eğitim, ulaşım ve altyapı yönetimi gibi farklı alanlarda kullanılarak verimlilik ve doğruluğu artırır ve insan müdahalesini azaltmaktadır [2].

Kullanılan yapay zekâ araçları, yol inşaatı ve rehabilitasyon projelerinde ekipman ve diğer nesnelerin tespit, sınıflandırma ve takibini artırmak için Derin Öğrenme (Deep Learning) ve

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Bilgisayarla Görünüm (Computer Vision) tekniklerine dayanmaktadır. Başlıca kullanılan araçlar şunlardır:

- YOLO modelleri (You Only Look Once): Görüntü ve videolarda nesnelerin hızlı ve doğru bir şekilde tespit edilmesi ve sınıflandırılması için kullanılmaktadır.
- Veri etiketleme araçları: CVAT (Computer Vision Annotation Tool) (Bilgisayarlı Görüntüleme Açıklama Aracı) ve Roboflow gibi platformlar, ekipman ve makineleri içeren yüksek kaliteli etiketli veri setleri oluşturmak için kullanılmaktadır.
- Veri artırma (Data Augmentation): Döndürme, çevirme ve gürültü ekleme gibi tekniklerle modelin gerçek dünya koşullarına uyum yeteneği artırılmaktadır.

Bu araçlar, inşaat süreçlerinin daha verimli izlenmesini, iş güvenliğinin artırılmasını ve üretkenliğin maksimize edilmesini amaçlamaktadır [2].

Yol inşaatı sektöründe yapay zekâ, yol yaşam döngüsünün tüm aşamalarında, projenin tasarımından bakım ve asfalt kalitesinin izlenmesine kadar kullanılmaktadır. Yapay zekâ algoritmaları, büyük verileri işleyerek olası riskleri değerlendirir, malzeme miktarını belirler, lojistiği optimize eder ve inşaat sürecindeki hataları azaltmaktadır. Makine öğrenimi modelleri, önceki projelerden elde edilen verileri analiz ederek projenin tamamlanma süresini, gerekli işçi sayısını ve malzeme miktarını tahmin etmeye yardımcı olmaktadır. Bu araçlar, yol inşaat projelerinin planlanması, yönetimi ve verimliliğin artırılmasında önemli bir rol oynamaktadır (Görsel 2) [1].

Görsel 2. Yol yapım sektöründeki başlıca yapay zeka uygulamaları

Yol ağlarının inşasında yapım teknikleri, altyapının güvenliği, dayanıklılığı ve sürdürülebilirliği açısından kritik bir öneme sahiptir. Yapım süreci, yol güzergâhının belirlenmesi ve mühendislik standartlarının uygulanması amacıyla jeolojik ve trafik analizleri ile başlamaktadır. Bu aşamada, yolun kesişim noktaları, eğimleri, genişliği ve işlevine göre sınıflandırılması detaylı bir şekilde değerlendirilir. Bunu takiben, zemin ve dolgu çalışmaları yürütülmektedir; bu süreçte uygun olmayan toprağın uzaklaştırılması, değiştirilmesi veya stabilize edilmesi ve temel tabakaları (banket) ile alt temel ve hazırlık tabakasının yüksek kalite ve hassasiyetle oluşturulması gerekmektedir. Ardından, yol kaplaması aşamasına geçilir; bu kaplamalar esnek asfalt veya beton olabilir. Beton yollar için beton dökümü, yüzey düzeltme, kür uygulamaları ve derz kesimleri yapılmakta, böylece oluşabilecek çatlakların kontrol altına alınması sağlanmaktadır. Son aşama ise izleme ve bakım sürecidir. Bu aşamanın amacı, yolun hizmet ömrünü uzatmak, performansını korumak ve uzun vadede bakım maliyetlerini minimize etmektir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Yol inşaatı sürecinde risk yönetimi, projenin tüm aşamalarında kritik bir rol oynamaktadır. Jeolojik analizlerden asfalt veya beton kaplama uygulamalarına kadar her adımda, olası risklerin önceden tanımlanması, etkilerinin değerlendirilmesi ve gerekli önlemlerin alınması yolun güvenliği, dayanıklılığı ve sürdürülebilirliği açısından hayati öneme sahiptir. Belirsizliklerin fazla olduğu inşaat sektöründe, erken aşamalardan itibaren iyi planlanmış bir risk yönetimi modeli, maliyet ve süre sapmalarını azaltır, proje paydaşları arasındaki sorumlulukları netleştirir ve proje başarısını artırır. Bu sayede, zemin, dolgu, kaplama ve bakım aşamalarında karşılaşılabilecek teknik ve finansal riskler kontrol altında tutulabilmektedir.

4. YOL YAPIM TEKNİKLERİ

Karayolu inşaat sektörü, herhangi bir ülkenin altyapısının temel bir parçasını oluşturmaktadır; ekonomik ve sosyal kalkınmayı destekler, farklı bölgeler arasındaki bağlantıyı güçlendirmekte ve mal ve hizmet akışını kolaylaştırmaktadır. Ayrıca, yolların kalitesinin artırılması, trafik güvenliğinin yükselmesine ve yakıt ile işletme maliyetlerinin düşürülmesine katkı sağlamaktadır. Geleneksel yol yapım teknikleri büyük ölçüde manuel işçilik ve ağır ekipmanlara dayanır; genellikle zaman alıcı ve maliyetlidir ve insan hatalarına ve yolların erken aşınmasına açıktır. Bu nedenle, daha verimli ve güvenilir tekniklerin benimsenmesi, inşaat kalitesini ve sürdürülebilirliği sağlamak açısından sürekli bir ihtiyaçtır. Son yıllarda, Endüstri 4.0 kavramları yol yapım sektörüne girmiş ve fiziksel ve dijital dünyaların entegrasyonunu mümkün kılmıştır. Bu teknolojiler arasında yapay zekâ, Nesnelerin İnterneti (IoT) ve büyük veri yönetim sistemleri öne çıkmaktadır. Yapay zekâ, inşaat sahalarından toplanan verileri analiz etme, proje ilerlemesini izleme, gelecekteki malzeme ve işgücü ihtiyaçlarını tahmin etme imkânı sunar; böylece kaynak planlaması iyileştirilir ve israf azaltılır. Modern yol yapım teknikleri, makine öğrenimi ve derin öğrenme modellerinin kullanımıyla verileri farklı kaynaklardan analiz etmeye olanak tanır. Bu kaynaklar arasında uydu görüntüleri, insansız hava araçları (UAV) ve saha sensörleri bulunmaktadır. Bu teknolojiler, yol yüzeyindeki zayıf noktaları tespit etmeye, çatlak ve çukurları erken belirlemeye ve büyük sorunlar oluşmadan bakım planlamasına yardımcı olur. Ayrıca, yolların tasarım süreçlerini de iyileştirir; asfalt kalınlığı ve malzeme seçimi gibi kararlar, yerel çevre koşullarına göre optimize edilir. Bunun yanı sıra, akıllı sistemler sayesinde inşaat sahalarındaki ekipman ve işçiler izlenebilir. Bu sistemler, ekipmanların tanınması, hareketlerinin takip edilmesi ve performans analizini sağlayarak iş güvenliğini artırır ve kazaları azaltmaktadır. Ayrıca, makineler ve işçiler için daha verimli çalışma programları oluşturarak üretkenliği yükseltir ve duraklama sürelerini minimize eder. Genel olarak, modern yol yapım teknikleri, mühendislik bilgisini gelişmiş dijital araçlarla birleştirir. Yapay zekâ, IoT, makine öğrenimi ve bilgisayarlı görü gibi teknolojiler kullanılarak süreçlerin verimliliği artırılır, malzeme kalitesi güvence altına alınır, iş güvenliği iyileştirilir ve yolların ve ilişkili altyapının uzun vadeli sürdürülebilirliği sağlanmaktadır.

Karayolu inşaat sektörü, herhangi bir ülkenin ekonomisinin hayati bir parçasıdır. Üretici güçlerin daha iyi dağılımına ve kaynakların daha verimli kullanılmasına katkı sağlar. Ayrıca, devletler arası ilişkileri güçlendirir ve ortak bir pazar oluşturur. Endüstri 4.0'ın umut verici kavramları birçok sektöre fayda sağlamış olup, artık yavaş yavaş karayolu inşaatına da girmektedir. Sanayi 4.0, yeni teknolojilerin benimsenmesi yoluyla fiziksel ve dijital dünyaların bütünleşmesi olarak tanımlanabilir. Yapay zekâ, Endüstri 4.0'ın temel teknolojilerinden biridir [1].

5. YOL YAPIM TEKNİKLERİNDE YAPAY ZEKANIN KULLANILABİLİRLİĞİ

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Yapay zekâ, yolun yaşam döngüsünün tüm aşamalarında tasarımdan bakım ve kaplama kalitesine kadar kullanılmaktadır. Yapay zekânın karayolu sektöründeki en umut verici kullanım alanlarından biri, tasarım ve proje yönetiminin kalitesini artırmaktır. Yapay zekâ algoritmaları büyük verileri işleyerek olası riskleri değerlendirir, yol inşaatının planlamasını iyileştirmeyi, malzeme miktarlarını en uygun şekilde belirlemeyi ve ulaşım ile lojistik planlarını düzenlemeyi amaçlar. Bu da inşaat sürecindeki hataları azaltır. RPA (Robotic Process Automation) teknolojisi ise proje tamamlanma hızını önemli ölçüde artırır. Örneğin, yapay zekâ kullanan bir model geliştirilmiş ve bu model, geçmiş veri setlerindeki örüntüleri makine öğrenimi aracılığıyla analiz ederek proje süresini, gereken hammadde miktarını, işçi sayısını ve benzeri unsurları tahmin etmektedir. Ayrıca makine öğrenmesi, kullanıcı görüşlerini analiz ederek yolların kalitesini değerlendirebilir ve bakım planları oluşturabilmektedir. Yol inşaat projeleri genellikle zaman ve maliyet sorunlarıyla karşı karşıya kalmakta ve bu durum bütçe ile ekonomi üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Araştırmacılar geçmiş proje veri tabanlarına dayanarak inşaat projelerinin maliyetini ve süresini tahmin etmek için yapay sinir ağı modelleri geliştirmiştir. Benzer şekilde, başka çalışmalarda da karayolu inşaat maliyetlerinin tahmininde sinir ağları kullanılmıştır.

Bu yaklaşım, özellikle verilerin sınırlı veya eksik olduğu yol projelerinin erken geliştirme aşamalarında umut verici ve faydalı görülmektedir. Florence ve arkadaşları, karayolu projelerindeki gecikmeleri tahmin etmek için ChatGPT'yi kullanarak otomatik soru-cevap üretimi önermiştir [9]. Yüksek kaliteli asfalt kullanılsa bile, uygun bir yol tabanı hazırlığı olmadan kusursuz bir yol elde edilememektedir. Bu nedenle, zemin özelliklerinin fiziksel yapısının bilinmesi gerekmektedir. Ancak, bu özelliklerin laboratuvar ortamında belirlenmesi hem maliyetli hem de zahmetlidir. Bu yüzden makine öğrenmesi ve yapay sinir ağları teknikleri, zemin türünü ve özelliklerini belirlemek için kullanılmaktadır. Tahmin doğruluğunu artırmak amacıyla bulanık mantık (Fuzzy Logic) ve meta-sezgisel (Metaheuristics) algoritmalar birleştirilebilmektedir. Ayrıca, akıllı ajanlara dayalı bir sistem geliştirilmiş olup, bu sistem, silindir (compactor) operatörleri için mevcut araç konumuna, çalışma planına, diğer ekipmanların güzergâhlarına ve çevresel-fiziksel değişimlere göre otomatik sürüş talimatları üretmektedir. Makine öğrenmesi, diğer inşaat ekipmanlarının kontrolünde ve olası ekipman arızalarının tahmininde de kullanılmaktadır. Derin öğrenme algoritmaları, insansız hava araçlarından alınan görüntüleri analiz ederek geniş inşaat sahalarını izlemek, eksik veya hasarlı işaret ve bariyerleri otomatik olarak tespit etmek için kullanılmıştır. Araştırmacılar ayrıca, yol şantiyelerinde araçların ve işçilerin hareketlerini takip ederek tehlikeli davranışlar meydana geldiğinde erken uyarı verilmesini önermiştir.

Yapı mühendisliği ve yönetiminde yapay zekâ tartışıldığında, beş temel konu bulunmaktadır: bilgi temsili ve akıl yürütme, bilgisayarlı görü, doğal dil işleme, akıllı optimizasyon ve süreç madenciliği. Bu konuların tümü yapay zekâ teknolojisi ve işlevleriyle ilgilidir. Bilgi temsili ve yönetimi, yapay zekânın erken bir biçimidir ve bilgi alanının sembolik bir temsili ile önceden tanımlanmış kuralları içeren bilgi tabanlı bir sistem oluşturmayı kapsamaktadır. Bilgisayarlar, mevcut bilgileri, gerçekleri ve inançları mantıksal bir şekilde anlayarak doğru sonuçlar çıkarabilir ve mantıklı iletişim kurabilirler. Bilgisayarlı görü (CV), fotogrametri, LiDAR, insansız hava araçları (UAV/UAS) gibi veri toplama ekipmanlarına dayanır ve proje izleme sırasında uzaktan çözümler sunar. Veriler toplandıktan sonra görsel bilgilere dönüştürülebilir. Bilgisayarlı görü teknolojisi, veri toplama görevini otomatikleştirir ve zamanla manuel

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

doğrudan gözlemin yerini alacaktır. Ayrıca, güvensiz koşulları, altyapı davranışlarını veya inşaat sahalarının durumunu tespit edebilmektedir. Doğal dil işleme (NLP) ve büyük dil modelleri (LLM'ler), bilgisayarların dili, insan dilini anlama biçimine benzer şekilde, metinler ve kelimeler şeklindeki verileri anlamasını sağlar. Serbest biçimli metin verilerini incelemenin geleneksel yöntemi, büyük veri hacmi nedeniyle değerli bilgilerin kaybına yol açar; NLP ve LLM teknikleri bu sorunu çözebilir. Bu teknoloji, genellikle yapı güvenliğiyle ilgili olan, düzensiz veya yarı yapılandırılmış ve önemsiz bilgiler içeren güvenlik raporlarını inceleyerek yapı güvenliğini artırma potansiyeline sahiptir. NLP ve LLM teknikleri, kazaların nedenlerini belirlemek, güvenliği artırmak ve tekrar olasılığını azaltmak için değerli bilgileri çıkarabilir. Ayrıca, farklı içeriklere sahip düzensiz belgeleri görsel bilgilere dönüştürebilir. Akıllı optimizasyon, belirli bir kısıtlar kümesine göre bir hedef fonksiyonunu minimize etmek veya maksimize etmek için en iyi çözümü arama görevidir. Bu görevin basit bir versiyonu, en iyi tek seçeneği belirlemeyi amaçlamaktadır. Optimizasyon, inşaat yönetimi için temel bir görev olan önceliklendirme sürecinde faydalıdır; işçi istikrarını artırabilir, bitirme süresini ve maliyeti azaltabilir, iş yükü dengesini sağlayabilir ve projedeki değişken talebi analiz edebilir. Süreç olay kayıtlarını, olay kayıtları arasındaki ilişkileri ve operasyonel süreci keşfetmeyi içermektedir. Gerçek olay kayıtlarından elde edilen şeffaf ve gerçeklere dayalı içgörüler sağlayarak proje izlemesini geliştirebilmektedir. Süreç madenciliğinin üç ana türü vardır: süreç keşfi, ilerleme eşleştirmesi ve model iyileştirme. Otomasyon süreçleri, proje yönetimini kolaylaştırmak ve daha nesnel hale getirmek için yapay zekâyı kullanır. Geleneksel yöntemler gözleme ve manuel çalışmaya dayandığından önyargı ve belirsizlik içerebilmektedir. Örneğin, şantiyelerde kameralar ve sensörler kullanılarak veriler otomatik kaydedilir, proje ilerlemesi fotoğraf ve videolarla belgelenir. Yapay zekâ sayesinde bu veriler insan müdahalesi olmadan toplanabilir, böylece zaman alıcı geleneksel yöntemlerin yerini daha verimli bir sistem alır. Yapay zekâ modelleri gözlem, değerlendirme ve risk tahmini yapabildiği için risk azaltma çalışmalarında etkilidir. Ayrıca optimizasyon süreçlerinde yüksek verimlilik sağlayarak inşaat faaliyetlerini daha düzenli ve verimli hâle getirir. Süreç madenciliği (Process Mining) gibi yeni teknikler, inşaat projelerindeki karmaşık iş akışlarını analiz ederek gereksiz adımları ve olası hataları önlemeye yardımcı olur. Bunun yanı sıra, yapay zekâ destekli robotlar tuğla döşeme ve kaynak gibi tekrarlayan görevleri yerine getirir. Proje izleme alanında dijital dönüşüm ve bilgisayarlı görü teknolojisi modern yöntemlerin gelişiminde kilit rol oynamaktadır. Derin öğrenme tabanlı bir model, yol inşaatı sahalarındaki farklı inşaat ekipmanlarını tanımak için YOLO algoritmaları ve modern segmentasyon modelleri kullanılarak geliştirilmiştir. Bu model, görüntü ve videolardan ekipmanları ve işçileri yüksek verimlilikle tespit, sınıflandırma ve takip etme imkânı sunmaktadır. Modelin performansını artırmak için, yeni sınıflar ekleyebilmek amacıyla iki YOLO modeli birleştirilmiş, böylece orijinal modelin yetenekleri kaybolmadan yeni ağırlıklar eklenmiştir. Veri yönetimini iyileştirmek amacıyla otomatik araçlar geliştirilmiş; bunlar arasında sınıf etiketlerini birleştirme ve etiketlenmemiş görüntüleri tespit etme işlemleri yer almakta olup, veri kalitesini garanti ederek eğitim verimliliğini artırmaktadır. Bu önlemler sayesinde model, karmaşık sahnelerle başa çıkabilir ve farklı çevresel koşullarda ekipman tespiti ve sınıflandırma doğruluğunu artırabilmektedir [2].

Yol yapım teknikleri örneğin kazı, dolgu, kaplama, iş gücü ve ekipman kullanımı gibi birçok değişkene bağlı olarak değişim gösterdiğinden, bu tekniklerdeki belirsizliklerin ve değişken etmenlerin YSA modelleriyle daha etkili bir şekilde yönetilebileceği öne sürülmüştür. Bu

çerçevede, YSA'nın farklı yol yapım süreçlerini girdi olarak alarak süre ve maliyeti daha doğru tahmin etmede proje yöneticilerine karar desteği sağlayabileceği ileri sürülmüştür [5].

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, yol inşaatı sektöründe yapay zekâ ve makine öğrenimi tekniklerinin uygulanabilirliği kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Elde edilen bulgular, yapay zekanın yol inşaatının tüm yaşam döngüsünde tasarım, planlama, malzeme yönetimi, kalite kontrol ve bakım önemli katkılar sağlayabileceğini göstermektedir. Özellikle derin öğrenme ve bilgisayarla görü teknikleri kullanılarak geliştirilen YOLO tabanlı modeller, inşaat ekipmanlarını ve işçileri yüksek doğrulukla tespit ve takip edebilmekte, sahadaki iş güvenliğini artırmaktadır. Ayrıca, veri yönetimi ve otomatik etiketleme araçları sayesinde eğitim verisinin kalitesi artırılmış ve modelin genel performansı iyileştirilmiştir.

Araştırma sonuçları, yapay zekâ uygulamalarının proje süresini kısaltma, maliyetleri azaltma, iş gücü verimliliğini artırma ve çevresel riskleri minimize etme potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, güvenilir ve yeterli veri temini, personelin yeni teknolojilere adaptasyonu ve uygun donanım-yazılım yatırımları gibi zorluklar bulunmaktadır. Gelecek araştırmalar için öneriler şunlardır: yol inşaatının tüm yaşam döngüsünü kapsayan veri toplama ve yönetim sistemlerinin geliştirilmesi, Reinforcement Learning gibi ileri makine örenmesi algoritmalarının uygulanması ve insansız hava aracı görüntüleri ve transfer öğrenme tekniklerinin entegrasyonu ile model performansının artırılması şeklindedir. Ayrıca, CEM (Construction Engineering and Management) alanında dijital ikizler, IoT ve blok zinciri teknolojilerinin yapay zekâ ile birleştirilmesi, yol projelerinin planlanması, izlenmesi ve yönetiminde yenilikçi çözümler sunabilir.

Sonuç olarak, yapay zekâ teknikleri yol inşaatında verimlilik, güvenlik ve kaliteyi artırmak için güçlü bir araç olarak öne çıkmaktadır ve gelecekteki çalışmalar, bu teknolojilerin entegrasyonunu ve yaygın kullanımını daha da geliştirebilir.

KAYNAKÇA

[1] Gurko, O., & Miroshnyk, V. (2024). Artificial intelligence in road construction: prospects and challenges. Scientific papers of silesian university of technology. Organization and management series, 2024(210), 191-203.

[2] Mazari, M., Nhiayi, L., Gonzalez, Y., Saleh, M. Smart Highway Construction Site Monitoring Using Artifcial Intelligence , 2336, 2025.

[3] Shen, Q., Miller, S. R., Vahdatikhaki, F. Machine Learning in the road construction sector: A review. CROW Infradagen 2022.

[4] Pan, Y., Zhang, L. Roles of artificial intelligence in construction engineering and management: A critical review and future trends. Automation in Construction, 122, 103517. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103517, 2021.

[5] Gopal Naik, M., Radhika, V. Time and Cost Analysis for Highway Road ConstructionProject Using Artificial Neural Networks, 2233-9582, 2015.

[6] Macit, A. Ulaştırma Modlarının Geleceği: Yapay Zekânın Akıllı Ulaşım Sistemlerine Entegrasyonu, 2023.

[7] Katsarov, I., Penkov, S. Application of artificial intelligence in road network inventory and network-wide road safety assessment, 1297 012020, 2023.

[9] Florence, G., Kikuchi, M., Ozono, T. Delay Risk Detection in Road Construction Projects Utilizing Large Language Model. In: A Abraham, A. Bajaj, T. Hanne, T.P. Hong (Eds.),

Intelligent Systems Design and Applications. ISDA 2023. Lecture Notes in Networks and Systems, Vol. 1047. Cham: Springer. doi: 10.1007/978-3-031-64836-6_11, 2024.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

YOL YAPIM TEKNİKLERİNDEKİ RİSKLER ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME

Dr. Öğretim Üyesi, Özlem BATTAL ŞAL

Karabük Üniversitesi, ozlembattal@karabuk.edu.tr- 0000-0002-2308-7933

Öğrenci, Youssra TSOULI*

Karabük Üniversitesi, youssratsouli73@gmail.com- 0009-0006-9832-6018

ÖZET

Yol yapım şantiyeleri, eş zamanlı olarak birçok farklı risk unsurunun bir arada ortaya çıktığı çalışma ortamları arasında bulunmaktadır. Risk değerlendirmesi, yol yapım projelerinin etkili risk yönetiminde önemli bir süreçtir. Risk değerlendirmesi, projeyle ilişkili potansiyel risklerin etkisinin belirlenmesini ve tahmin edilmesini içermektedir. Bu değerlendirme sayesinde, proje hedeflerine ulaşma ve başarı şansını artırabilecek bilinçli karar alma süreçleri kolaylaştırılmaktadır. İş kazaları; insan kaybı, iş gücü kaybı gibi maddi ve manevi pek çok olumsuz sonuca yol açtığı için, kaza verilerinin detaylı şekilde kaydedilmesi, sürekli izlenmesi, etkili yöntemlerle analiz edilmesi ve elde edilen sonuçların doğru biçimde değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmanın amacı, karayolu yapım, bakım ve onarım çalışmalarında ortaya çıkabilecek tehlikeleri tanımlamak, bu tehlikelerin olasılık ve şiddetini belirleyip değerlendirmek, tehlikeleri kaynağında ortadan kaldırmak veya kontrol tedbirleriyle zarar riskini azaltmaktır. Ayrıca, risk değerlendirme sürecinin sistematik ve sürekli bir şekilde yürütülmesi, şantiye güvenlik kültürünün gelişmesini sağlayarak iş kazalarının önlenmesine katkıda bulunmaktadır. Bunun yanında, elde edilen bulguların ilgili tüm paydaşlarla paylaşılması, projenin tüm aşamalarında daha güvenli ve verimli çalışma koşullarının oluşturulmasına olanak tanımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Risk yönetimi, yol yapımı, risk analizi, yol yapım teknikleri

1. GİRİŞ

Nüfusun artmasıyla birlikte ulaşım ihtiyacı da önemli ölçüde artmıştır. Bu durum, yeni yolların yapılmasını ve mevcut ulaşım altyapısının geliştirilmesini zorunlu hale getirmiştir. Yol yapım tekniklerine duyulan ihtiyaç, modern toplumların gelişimi ve sürdürülebilir ulaşım ağlarının oluşturulması açısından büyük bir önem taşımaktadır. Artan nüfus, şehirleşme ve ekonomik faaliyetler; güvenli, dayanıklı ve uzun ömürlü yolların inşa edilmesini gerekli kılmaktadır. Bu nedenle, yol yapımında kullanılan tekniklerin doğru seçilmesi ve uygulanması hem altyapının kalitesini hem de yolların hizmet ömrünü doğrudan etkilemektedir. Ayrıca uygun yapım teknikleri, inşaat süresini kısaltmakta, maliyetleri azaltmakta ve çevresel etkileri en aza indirmektedir. Dolayısıyla, modern yol yapım projelerinde mühendislik bilimi ile teknolojinin sunduğu en uygun tekniklerin kullanılması kaçınılmaz bir gereklilik haline gelmiştir.

Yol yapım projelerinde karşılaşılan risklerin etkin bir şekilde yönetilebilmesi için, sistematik bir risk analizi sürecinin uygulanması büyük önem taşımaktadır. Risk analizi, projeyle ilişkili potansiyel tehlikelerin belirlenmesi, bu tehlikelerin gerçekleşme olasılığı ve etkisinin

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

değerlendirilmesi, ardından uygun kontrol önlemlerinin geliştirilmesi aşamalarını içerir. Bu süreç, projenin her aşamasında meydana gelebilecek belirsizliklerin önceden öngörülmesini ve gerekli tedbirlerin zamanında alınmasını sağlar. Böylece hem çalışan güvenliği hem de proje kalitesi korunur. Ayrıca risk analizi, maliyet aşımlarını ve zaman kayıplarını önlemeye yardımcı olarak, projenin sürdürülebilirliğini ve başarı oranını artırır. Bu nedenle, yol yapım tekniklerinde risk analizi yalnızca bir güvenlik önlemi değil, aynı zamanda proje yönetiminin vazgeçilmez bir parçasıdır.

Risk analizi bütün sektörlerde kullanılmaktadır. Çünkü olası tehlikeleri, belirsizlikleri ve kayıpları önceden tespit edebilme imkânı sağlar. Bu yöntem sayesinde, iş süreçlerinde ortaya çıkabilecek güvenlik, maliyet, zaman ve kalite ile ilgili sorunlar önceden belirlenebilir. Böylece, işletmeler veya projeler, bu riskleri azaltacak veya tamamen ortadan kaldıracak önlemleri zamanında alabilirler. Sonuç olarak, risk analizi yalnızca inşaat sektöründe değil, enerji, sağlık, finans, ulaşım gibi birçok alanda başarının sürdürülebilirliğini sağlamak için temel bir yönetim aracıdır.

İnşaat sektörünün tüm alt dallarında ve her çalışma aşamasında meydana gelen iş kazaları ile bu kazalara karşı alınması gereken güvenlik önlemleri, günümüzde çözülmesi gereken başlıca sorunlardan biri olarak görülmektedir. Çalışanların yaralanmasına, kalıcı sakatlıklarına hatta hayatlarını kaybetmesine neden olan bu kazaların, ekonomik açıdan da ciddi kayıplara yol açtığı bilinmektedir. İnşaat sektörünün önemli bir bölümünü oluşturan karayolu projeleri hem çalışanlar hem de yolu kullanan kişiler için çeşitli riskler barındırmaktadır. Bu nedenle iş kazalarının azaltılması ve daha güvenli bir çalışma ortamının oluşturulması için, karayolu şantiyelerindeki saha düzeni, çalışan güvenliği ve çevre güvenliği konularına özellikle önem verilmesi; çalışanların iş sağlığı ve güvenliği açısından titizlikle değerlendirilmesi gerekmektedir [1].

Bu eksikliklere ek olarak, yol yapım, bakım ve onarım çalışmalarında sivil araçların neden olduğu kazalar üzerinde de durulması gerekmektedir. Çalışma sahasında trafiği yönlendirecek bir görevlinin bulunmaması; özellikle gece çalışmalarında ışıklandırma ve uyarı sistemlerinin yetersiz veya tamamen kullanılamaz durumda olması; çalışma alanının yeterince aydınlatılmaması, uygun olmayan ya da yetersiz bariyerlerin tercih edilmesi; işaretleme tabelalarının kirlenme veya aşınma nedeniyle görünürlüğünü kaybetmesi (özellikle gece çalışmaları için ciddi bir risk oluşturmaktadır) önemli sorunlar arasında yer almaktadır. Ayrıca uygun kişisel koruyucu donanımların kullanılmaması, çalışanların güvenli çalışma sınırlarını ihlal etmeleri ve trafik akışının devam ettiği alanlarda dinlenme veya izleme gibi bilinçli ya da bilinçsiz riskli davranışlarda bulunmaları da kazalara zemin hazırlayan faktörlerdendir. Bu literatür ışığında, yol yapım projelerindeki risklerin detaylı olarak incelenmesi ve sistematik risk analiz süreçlerinin uygulanması büyük önem taşımaktadır [2].

Gürcanlı ve arkadaşları, Türkiye'deki inşaat kazalarını analiz etmiş ve özellikle ulaşım projelerinde düşme, araç çarpması ve ekipman kaynaklı kazaların en yaygın nedenler olduğunu ortaya koymuştur [3]. Kömürlü, yapım projelerinde risk yönetiminin başarısı için risklerin erken aşamada tanımlanması ve önceliklendirilmesi gerektiğini vurgulamıştır [4]. Benzer şekilde, Genç, tarafından yapılan araştırmada Türk inşaat sektöründe karşılaşılan başlıca risk faktörleri belirlenmiş ve yönetimsel yetersizlikler ile iletişim eksikliğinin riskleri artırdığı sonucuna varılmıştır [5]. Ayrıca Baykuş, iş sağlığı ve güvenliği açısından mevzuat

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

düzenlemelerinin yetersiz uygulanmasının şantiyelerdeki kazaların önemli bir nedeni olduğunu belirtmiştir [6].

Sonuç olarak, literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde, yol yapım projelerinde çeşitli risklerin bulunduğu bilinmesine rağmen, bu risklerin çoğu zaman etkili bir şekilde analiz edilmediği ve yönetilmediği görülmektedir. Mevcut araştırmalar, yol yapım projelerindeki risklerin çok boyutlu bir yapıya sahip olduğunu ve etkili bir risk analizi ile yönetim sürecinin hem çalışan güvenliği hem de proje başarısı açısından bu durumun son derece kritik bir önem taşıdığını göstermektedir. Bu doğrultuda, bu çalışmada yol yapım tekniklerinde karşılaşılan risklerin sistematik olarak değerlendirilmesi ve etkin risk yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

2. RİSK ANALİZİ

2.1. Risk Kavramı

Farklı araştırmacılar risk kavramını çeşitli biçimlerde tanımlamaktadır. Al-Bahar, riski proje hedeflerini olumlu ya da olumsuz yönde etkileyebilecek belirsizliklerin gerçekleşme olasılığı olarak ifade etmektedir. Chapman ise riski; finansal kayıp, hasar, yaralanma veya belirsizlikler nedeniyle projenin gecikme ihtimali şeklinde açıklamaktadır. İnşaat sektörü açısından risk, projenin herhangi bir aşamasında ortaya çıkabilecek beklenmedik bir olayın iş gücü, maliyet, zaman ya da kalite üzerinde olumsuz etkiler oluşturması anlamına gelir [4]. Özellikle yol yapım projelerinde; hava koşulları, zemin yapısı, ekipman arızaları, iş güvenliği ihlalleri ve yönetim hataları gibi pek çok unsur risk kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Risk kavramının doğru anlaşılması, etkili bir risk yönetimi süreci oluşturmanın temelini teşkil eder. Çünkü risklerin tanımlanması ve ölçülmesi, bu risklerin önlenmesi veya olası etkilerinin azaltılması için uygun stratejilerin geliştirilmesine olanak sağlar [5]. Dolayısıyla mühendislik projelerinde risk, yalnızca bir tehdit unsuru olarak değil, aynı zamanda yönetilebilir ve kontrol altına alınabilir bir olgu olarak ele alınmalıdır.

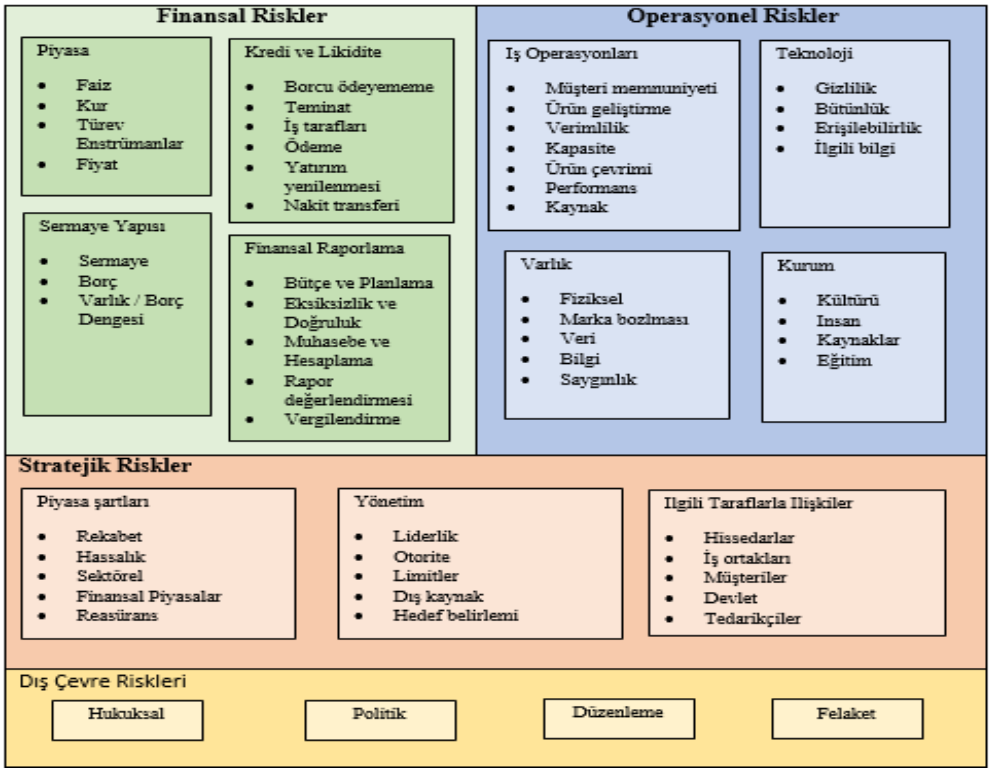
2.2 Risk Kaynakları

Proje yöneticileri, hedeflerine ulaşabilmek için belirsizlikleri tanımlayıp bunları risk kaynaklarına dönüştürmek ve bu kaynak türlerini belirlemek zorundadır. Risk kaynaklarının belirlenmesindeki temel amaç; risklerin daha net tanımlanması, ölçülmesi, değerlendirilmesi ve yönetilerek kontrol altına alınabilmesidir [9]. Bu sayede projelerin genel performansında iyileşme sağlanabilir. Risk kaynakları, içinde bulunulan sektöre bağlı olarak farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır. En yaygın kullanılan risk türleri ise finansal, operasyonel, stratejik, yasal, çevresel, teknolojik, sosyal ve itibar riskleri olarak sıralanmaktadır [10].

Dengiz ise projelerde karşılaşılan riskleri öngörülebilirlik ve kontrol edilebilirlik düzeylerine göre ayrıntılı biçimde sınıflandırmıştır. Buna göre riskler; dış kaynaklı öngörülemeyen (örneğin doğal afetler, mevzuat değişiklikleri vb.), dış kaynaklı öngörülebilen (pazar, çevresel ve sosyal etkiler, döviz veya faiz değişiklikleri vb.), iç kaynaklı teknik olmayan (yönetim hataları, maliyet aşımları, yeterlilik kayıpları vb.), teknik (teknolojik değişiklikler, tasarım, performans vb.) ve hukuksal (sözleşme, lisans, dava vb.) riskler olarak gruplandırılmıştır [11].

Farklı bir bakış açısına göre, Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği (TÜSİAD) tarafından yayımlanan ‘Kurumsal Risk Yönetimi’ adlı çalışmada risk türleri Görsel 1’deki gibi sınıflandırılmıştır.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4



Görsel 1. Risk sınıflandırması

2.3. Risk Değerlendirmesi

Riskler ve bunların kaynakları belirlendikten sonra, bu riskleri belirli bir öncelik sırasına göre değerlendirip gerekli önlemleri alarak kontrol altında tutmak gerekmektedir. Bu sürece risk değerlendirmesi adı verilmektedir. Risk değerlendirmesi; bir sistemde var olan tehlikelerden kaynaklanan risklerin düzeyini tahmin etmeyi, mevcut önlemlerin yeterliliğini dikkate alarak bu risklerin kabul edilebilir sınırlar içinde olup olmadığını belirlemeyi amaçlayan bir süreç olarak ifade edilmektedir [12].

Bireyler veya kurumlar, faaliyetlerini güvenli bir aralıkta sürdürebilmek için oluşabilecek riskleri ve buna bağlı olası kayıpları en aza indirmeyi hedeflemektedir. Ancak inşaat sektörünün karmaşık yapısı nedeniyle riskleri tamamen ortadan kaldırmak mümkün değildir; bu nedenle riskler genellikle tolere edilebilir seviyelere düşürülerek yönetilmektedir. İnşaat projeleri, her aşamasında farklı aktiviteler barındırdığı için her aktiviteye özgü çeşitli riskleri de içermektedir. Bu nedenle, projelerde önceden tahmin edilebilen risklerin yanında öngörülemeyen risklerle karşılaşma ihtimali de oldukça yüksektir. Proje başlangıcında, öngörülebilen riskler için risk yönetim süreci kapsamında gerekli planlamalar yapılmalıdır. Ancak öngörülemeyen riskler için bu her zaman mümkün olmayabilir; bu durumda acil durum planlarının hazırlanması gerekebilir. Proje ekibi tarafından hazırlanan bu planlar, beklenmedik risklerin proje üzerindeki etkilerini azaltarak olası zararları en düşük seviyeye indirebilmektedir.

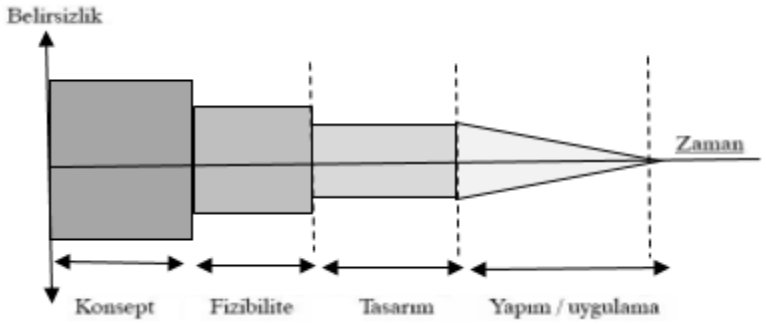
Risk yönetim süreci; risk yönetim planının hazırlanması, risklerin tanımlanması, nitel veya nicel yöntemlerle analiz edilmesi, uygun yanıtların geliştirilmesi, ardından bu risklerin izlenmesi ve kontrol edilmesi aşamalarından oluşur. Etkin bir risk yönetimi için bu sürecin proje fikrinin oluştuğu ilk aşamadan itibaren, tasarım, yapım ve işletme evrelerinin tamamında uygulanması gerekmektedir. Temel amaç, riskleri doğru şekilde tanımlamak, değerlendirmek ve etkilerini minimum seviyeye indirmektir. Etkili bir risk yönetimi ise yalnızca sürece

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

bağlılıkla değil, aynı zamanda tüm paydaşların risk bilincine sahip bir yaklaşımla hareket etmesiyle mümkün olmaktadır [4].

2.4 Risk Yönetimi

Risk yönetimi, projelerde önceden kontrol edilemeyen olayların neden olabileceği kayıpları en aza indirmeyi ve mevcut durumları gelecekteki zararlardan korumayı amaçlayan bir yönetim disiplinidir [13]. Bu süreç, projedeki tüm potansiyel risklerin tanımlanması, etkilerinin değerlendirilmesi ve belirsizlikler göz önüne alınarak, risklerin gerçekleşmesi durumunda alınacak önlemlerin belirlenmesini kapsar [14]. Riskleri tamamen ortadan kaldırmak mümkün olmasa da yüksek olasılıklı riskler kontrol altına alınarak etkileri azaltılabilir. Özellikle inşaat sektöründe belirsizlikler nedeniyle projeler hedeflenen süre ve maliyete uygun tamamlanamayabilir; bunun başlıca sebepleri risklerin önceden tespit edilmemesi ve proje paydaşları arasında adil ve net bir görev dağılımının olmamasıdır [15]. Bu nedenle, erken aşamalardan itibaren iyi planlanmış ve proje süresince güncellenen bir risk yönetimi modeli, proje başarısını artıran kritik bir tekniktir [16]. Görsel 2'de görüldüğü üzere, inşaat projelerinin ilk evrelerinde belirsizlikler fazladır; süreç ilerledikçe risk kaynaklarının tanımlanmasıyla tasarım veya yapım tekniklerinde değişiklik yapılabilir, sözleşme içeriğinde düzenlemeler yapılabilir ve proje başarısını artıran stratejiler geliştirilebilmektedir. [15].



Görsel 2. İnşaat projelerindeki belirsizliğin zamana göre değişimi [15]

Bir yatırım projesinde riskin belirlenebilmesi ve analizinin yapılabilmesi için, projede yer alan değişkenlerin olası değişim miktarlarının hesaplanması gerekmektedir. Bu nedenle yatırım projelerinde kullanılan risk analiz yöntemleri, yol yapım projeleri gibi yüksek belirsizlik içeren büyük ölçekli altyapı projelerinde de kritik bir öneme sahiptir. Yol yapım faaliyetleri; maliyet, süre, iş gücü, hava koşulları, zemin özellikleri ve çevresel faktörler gibi pek çok değişkeni barındırdığı için, bu yöntemlerin uygulanması proje başarısı açısından gereklidir. Bu kapsamda, yatırım projelerinin risk analizinde en sık kullanılan yöntemler; duyarlılık analizi, olasılık analizi, senaryo analizi ve simülasyon analizidir [13].

2.4.1. Duyarlık analizi

Duyarlılık analizi, bir yatırım projesini etkileyen bağımsız değişkenlerin projeye olan etkisinin derecesini belirlemeye yönelik bir yöntemdir. Bu analiz, projelerin para akışını etkileyen değişkenlerin belirleme edilmesini ve projelerin bu değişkenlere ne ölçüde bağımlı olduğunu ölçmeyi amaçlar. Analiz sürecinde, projenin temel varsayımları belirleyen göstergelerde değişiklikler yapılarak nakit akımları yeniden hesaplanmakta ve bu şekilde projenin karlılığının hangi etkenlere ne ölçüde bağlı olduğu ortaya konmaktadır. Bu sayede, yatırım projesi için ana senaryo dışında farklı tahminlerle yeni senaryolar oluşturulmakta ve projenin çeşitli senaryolar karşısındaki performansı değerlendirilmektedir. Ancak, duyarlılık analizi her değişkenin olası

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

değişim aralığını ve bu aralıklar içindeki olasılıklarını göstermez; bu nedenle söz konusu bilgilerin elde edilmesi için olasılık analizinden yararlanılır [13].

2.4.2. Olasılık analizi

Olasılık, bir olayın gerçekleşme veya gerçekleşmeme durumunun sayısal değeri veya olasılık oranı olarak tanımlanır. Bir olayın olasılığı, bir veya birden çok gözlem ve deney sonucunda elde edilen verilerle belirlenebilir. Yatırım projelerinde risk, projenin değişkenlere olan duyarlılığı ve bu değişkenlerin olasılık dağılımına bağlı olarak ortaya çıkar. Olasılık analizinin başlıca amacı, projeyi etkileyen her bir değişkenin muhtemel değişim aralıklarını ve bu aralıklar içindeki her bir değerin gerçekleşme olasılığını belirlemektir. Bu analizde, değişkenlerin tüm olası değerlerinin olasılıklarının toplamı 1'e eşittir [13].

2.4.3. Senaryo analizi

Senaryo analizi, geçmiş verilerden yararlanarak geleceğe yönelik tahminler üretmeye imkân tanıyan bir yöntemdir ve yatırım projelerinin planlama sürecinde, olası gelecek durumlarını değerlendirmek amacıyla genellikle sınırlı sayıda senaryo üzerinden çalışılması tercih edilmektedir. Bu analiz, özellikle belirsizliğin yüksek olduğu durumlarda, geçmişte maliyeti yüksek ve öngörülemeyen olayların yaşandığı projelerde, yeni fırsatların yetersiz olduğu durumlarda, stratejik planlamanın rutinleşmesi nedeniyle stratejik düşünmenin kalitesinin düştüğü projelerde, sektörün önemli değişimler içinde olduğu veya böyle bir olasılığın bulunduğu durumlarda, proje içindeki farklılıkların korunarak ortak bir dil oluşturulması gerektiğinde, projedeki güçlü ve farklı görüşlerin varlığı ile rakip firmaların senaryo analizinden yararlandığı durumlarda uygulanabilir[14]. Senaryo analizine başlanabilmesi için öncelikle yatırımın maliyetleri ile gelecekte elde edilmesi beklenen gelirlerin bir model üzerinde gösterilmesi ve geçmiş deneyimlerden yararlanılarak sonucu etkileyebilecek değişkenlerin belirlenmesi gerekmektedir. Analiz sürecinde mevcut ekonomik koşullar doğrultusunda bir temel senaryo oluşturulur; geçmişte yaşanan ekonomik krizler ya da olumlu gelişmeler göz önünde bulundurularak değişkenlerin etkilerine yönelik alternatif senaryolar hazırlanır. Bu senaryolar temelinde, değişkenlerde beklenen değişimlerden hareketle yatırımın sağlayacağı olası verimlilik hesaplanmaktadır. Geleneksel senaryo analizi, değişkenler için en iyi, olası ve en kötü sonuç değerlerini belirleyerek yatırımcıya sınırları görmede yardımcı olur. Her ne kadar senaryo analizi kesin sonuç sağlamasa da yatırımın kazanç ve kayıp aralığının belirlenmesini mümkün kılar [13].

2.4.4. Simülasyon analizi

Simülasyon, gerçek ya da kuramsal bir sistemdeki neden-sonuç ilişkilerinin farklı koşullar altında bilgisayar ortamında izlenmesine imkân veren bir modelleme yöntemidir. Yatırım projelerini değerlendirmede simülasyon modellerinin uygulanması ilk olarak 1936 yılında Rummel tarafından önerilmiş ve riskin dikkate alınarak değişik sınır değerlerinin hesaplanmasını sağlayan bir yaklaşım olarak tanımlanmıştır. Uygulama yönünden ilk çalışmayı ise S.W. Hess ve H.A. Quigley 1963 yılında gerçekleştirmiştir. Hertz'in 1964'te yatırım projelerinde kullandığı simülasyon tekniği ise, özellikle riskli projelerde duyarlılık ve olasılık analizini birleştiren en etkin yöntemlerden biri hâline gelmiştir. Hertz, riskli yatırım projelerinin simülasyonunda üç aşamalı bir model önermiştir: İlk olarak, risk içeren her unsurun alabileceği değer aralıkları ve bu aralıklar içindeki gerçekleşme olasılıkları belirlenir. İkinci aşamada, her faktör için değer dağılımlarından rassal değerler seçilerek bileşimleri saptanır ve bu bileşim üzerinden verimlilik oranı hesaplanır. Üçüncü aşamada ise bu süreç birçok kez yinelenerek

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

olası verimlilik değerlerinin görülme sıklıkları ve gerçekleşme olasılıkları elde edilir. Sonuç olarak, verimlilik oranının negatif değerlerden en yüksek seviyelere kadar olan aralığı tahmin edilmekte ve her bir verimin gerçekleşme olasılığı belirlenmektedir. Bu olasılıklar kullanılarak hesaplanan sonuçların ortalaması beklenen verimi verirken, varyans, standart sapma, çarpıklık katsayısı, basıklık katsayısı ve değişim katsayısı hesaplanarak riskli yatırım projesinin değerlendirmesi yapılmaktadır [13].

2.5. İnşaat Sektöründe Risk Yönetimi

İnşaat sektörü doğası gereği yüksek belirsizliklere ve çok sayıda riske maruz kalan bir alandır. "Risk" terimi, bir proje boyunca gerçekleşebilecek veya gerçekleşmeyebilecek öngörülemeyen bir olay veya durumdan olumsuz veya olumlu bir sonuç çıkma olasılığını ifade eder [17]. İnşaat projelerinde riskler genellikle teknik, finansal, yasal ve çevresel riskler gibi farklı kategorilere ayrılır [18]. Bir projenin hedefleri üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için riskleri sistematik olarak belirleme, değerlendirme, sıralama ve azaltma sürecine risk yönetimi denir [19]. İnşaat projelerinde risk yönetimi, olası kayıpları en aza indirmek, proje başarısını sağlamak ve paydaş memnuniyetini sürdürmek için hayati önem taşır [20]. Risk kavramı, tüm sektörlerde bulunan ancak her sektörün kendi dinamiklerine göre farklı biçimlerde ortaya çıkan bir olgudur. İnşaat sektöründe risk, proje süreci boyunca olumlu ya da olumsuz sonuçlar doğurabilecek bir olayın gerçekleşme olasılığı olarak tanımlanabilir [21]. İnşaat projeleri, dış etkenlere karşı hassas yapıları ve süreçteki yüksek belirsizlik düzeyi nedeniyle karmaşık ve riskli faaliyetler olarak kabul edilmektedir [22]. Bu üç temel unsur, inşaat projelerinin kendine özgü yapısıyla birleştiğinde, sektöre özel risk kaynaklarının oluşmasına neden olmaktadır. İnşaat projelerinde başarı olasılığını artırmak için risklerin sistematik şekilde analiz edilmesi ve sınıflandırılması gerekir. Bu doğrultuda Tah ve Carr, proje paydaşlarının risk yönetimi konusundaki etkinliklerini artırabilmek için kapsamlı bir risk kırılım yapısı geliştirmiştir [23]. Bu yapı, risklerin tanımlanması, değerlendirilmesi ve raporlanması süreçlerinde güçlü bir araç işlevi görerek, projelerdeki risk maruziyetinin daha ayrıntılı biçimde analiz edilmesine olanak sağlamaktadır [24].

İnşaat projelerinin doğasında bulunan karmaşıklık ve belirsizlikler, risk yönetimi süreçlerinin proje boyunca sürekli olarak değerlendirilmesini ve planlanmasını gerekli kılmaktadır. Genel risk yönetimi aşamaları olan risk planlama, risk tanımlama, risk analizi, risk tepkisi planlama ve risk izleme süreçleri; inşaat sektörünün dinamiklerine uygun biçimde uyarlanarak kullanılmaktadır. Bu bağlamda, doğru stratejilerin belirlendiği kapsamlı bir risk planı, risklerin tanımlanması ve yönetilmesi için temel bir yapı taşı niteliğindedir. İnşaat sektöründe sıklıkla karşılaşılan riskler arasında projelerin planlanan sürede tamamlanamaması, onay süreçlerinde gecikmeler yaşanması, sözleşmelerdeki eksiklik veya hatalardan kaynaklı kalite sorunları, iş gücü, malzeme veya ekipman maliyetlerindeki beklenmedik artışlar nedeniyle bütçenin aşılması, tamamlanan işin beklenen performansı sağlamaması, yasa ve şartnamelerdeki değişiklikler, iş güvenliği kazaları ve doğal afetler gibi faktörler yer almaktadır. Risklerin belirlenmesi kadar önemli bir diğer adım ise bu risklerin inşaat sektörüne özgü analizlerinin yapılması, sonuçların değerlendirilmesi ve elde edilen bulgulara göre uygun önlemlerin geliştirilmesidir. İyi tasarlanmış bir risk yönetim süreci projenin hedeflenen iş programına uygun şekilde ilerlemesini sağlar, beklenmeyen maliyet artışlarını önler, işin hedeflenen kalite standartlarında tamamlanmasına katkıda bulunur, olası olumsuz sonuçların erken aşamalarda tespit edilmesini sağlayarak kurumsal zararları azaltır, hatalı veya eksik verilerin saptanmasıyla

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

doğru bilgilerin üretilmesine katkı sağlar, proje süresince yaşanan problemlerin çözümünü kolaylaştırır ve benzer hataların sonraki projelerde tekrarlanmasını önler, ayrıca karar alma süreçlerinde bilimsel verilere dayalı yaklaşımlar sunarak proje yönetim sisteminin gelişmesine destek olmaktadır [12].

3. YOL YAPIM TEKNİKLERİ

Yol ağlarının inşasında yapım teknikleri, altyapının güvenliği, dayanıklılığı ve sürdürülebilirliği açısından kritik bir öneme sahiptir. Yapım süreci, yol güzergâhının belirlenmesi ve mühendislik standartlarının uygulanması amacıyla jeolojik ve trafik analizleri ile başlamaktadır. Bu aşamada, yolun kesişim noktaları, eğimleri, genişliği ve işlevine göre sınıflandırılması detaylı bir şekilde değerlendirilir. Bunu takiben, zemin ve dolgu çalışmaları yürütülmektedir; bu süreçte uygun olmayan toprağın uzaklaştırılması, değiştirilmesi veya stabilize edilmesi ve temel tabakaları (banket) ile alt temel ve hazırlık tabakasının yüksek kalite ve hassasiyetle oluşturulması gerekmektedir. Ardından, yol kaplaması aşamasına geçilir; bu kaplamalar esnek asfalt veya beton olabilir. Beton yollar için beton dökümü, yüzey düzeltme, kür uygulamaları ve derz kesimleri yapılmakta, böylece oluşabilecek çatlakların kontrol altına alınması sağlanmaktadır. Son aşama ise izleme ve bakım sürecidir. Bu aşamanın amacı, yolun hizmet ömrünü uzatmak, performansını korumak ve uzun vadede bakım maliyetlerini minimize etmektir.

Yol inşaatı sürecinde risk yönetimi, projenin tüm aşamalarında kritik bir rol oynar. Jeolojik analizlerden asfalt veya beton kaplama uygulamalarına kadar her adımda, olası risklerin önceden tanımlanması, etkilerinin değerlendirilmesi ve gerekli önlemlerin alınması yolun güvenliği, dayanıklılığı ve sürdürülebilirliği açısından hayati öneme sahiptir. Belirsizliklerin fazla olduğu inşaat sektöründe, erken aşamalardan itibaren iyi planlanmış bir risk yönetimi modeli, maliyet ve süre sapmalarını azaltır, proje paydaşları arasındaki sorumlulukları netleştirir ve proje başarısını artırır. Bu sayede, zemin, dolgu, kaplama ve bakım aşamalarında karşılaşılabilecek teknik ve finansal riskler kontrol altında tutulabilir.

4. YOL YAPIM TEKNİKLERİNDE RİSK ANALİZİ

Yol yapım projeleri, çok sayıda belirsizlik ve risk faktörünü bünyesinde barındırmaktadır. Bu nedenle risk analizi, yol yapım tekniklerinin vazgeçilmez bir parçasıdır. Risk analizi süreci, projeye ilişkin potansiyel risklerin belirlenmesini, bu risklerin olasılık ve etkilerinin değerlendirilmesini ve gerçekleşmeleri durumunda uygulanacak önlemlerin planlanmasını kapsar. Yol yapımında karşılaşılan başlıca riskler arasında toprak ve zemin sorunları, iklim ve hava koşulları, iş güvenliği ihlalleri, malzeme ve ekipman temininde gecikmeler ile finansal ve lojistik belirsizlikler yer almaktadır. Risk analizi iki temel yaklaşım üzerinden yürütülür: nitel risk analizi ve nicel risk analizi. Nitel analiz, risklerin önem derecesinin uzman görüşleri ve sınıflandırmalar aracılığıyla belirlenmesini sağlarken, nicel analiz ise olasılık ve etki temelli istatistiksel yöntemler kullanılarak risklerin sayısal olarak ölçülmesine imkân verir. Bu süreç, yol yapım projelerinin planlama, tasarım ve inşaat aşamalarında daha güvenli ve etkin kararlar alınmasını sağlar ve proje maliyetlerinin kontrol altında tutulmasına katkıda bulunur. Yol yapım projelerinde, projenin genel başarısını ve performansını etkileyebilecek çeşitli tipik riskler ortaya çıkabilmektedir. Bu riskler arasında, sahada meydana gelebilecek kazalar sonucu fiziksel yaralanmalar, projenin planlanan tasarıma uygun tamamlanamaması ve tahmini süre içerisinde projenin gerçekleştirilememesi yer almaktadır. Ayrıca, yerel yetkili mercilerden gerekli onay belgelerinin alınamaması ve yasal gerekliliklerin karşılanamaması,

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

öngörülemeyen saha koşulları nedeniyle projede gecikmeler, inşaat malzemeleri ve işçilik ile ilgili fiyat dalgalanmaları ve piyasa belirsizlikleri gibi riskler de söz konusudur. Proje bütçesinin, müşterinin beklentileri doğrultusunda üst sınırı aşma olasılığı ve mücbir sebeplerden kaynaklanan riskler de tipik riskler arasında yer almaktadır. Diğer tipik riskler ise, projenin tahmini maliyet içinde ilerleyememesi, öngörülmemiş olaylar nedeniyle yüklenicinin zarara uğraması, değişiklikler ve belirsizliklerle ilgili zamanında karar alınamaması ve gerekli kalite standartları ile İş Sağlığı ve Güvenliği, Çevre yönetmeliklerinin karşılanamamasıdır [25]. Yol yapım projelerinde risk yönetimi sürecinin etkin bir şekilde yürütülmesi, projenin başarısı için kritik bir unsurdur. Bu bağlamda, risklerin erken aşamada tanımlanması ve proje yaşam döngüsü boyunca düzenli olarak gözden geçirilmesi büyük önem taşır. Özellikle tasarım aşamasında yapılan risk değerlendirmeleri, inşaat sürecinde karşılaşılabilecek teknik ve çevresel problemlerin önceden öngörülmesini sağlayarak maliyet aşımlarının ve gecikmelerin önüne geçebilir. Buna ek olarak, proje paydaşları arasında sağlıklı bir iletişim ve bilgi paylaşımının kurulması, risklerin doğru bir şekilde yorumlanması ve gerekli önlemlerin zamanında alınmasını destekleyen temel bir faktördür. Bu nedenle, risk yönetim süreci yalnızca teknik değerlendirmelerden ibaret olmayıp, aynı zamanda kuruluş içi koordinasyon ve karar verme mekanizmalarının etkinliğini de kapsamaktadır [26].

Bunun yanı sıra, yol yapım projelerinde kullanılan teknolojik araçlar ve modern yönetim sistemleri, risk analizinin doğruluğunu ve güvenilirliğini artırmada önemli bir rol oynamaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS), yol ağı ve çevresel verilerin mekânsal analizine olanak tanıyarak zemin hareketleri, trafik yoğunluğu ve diğer çevresel faktörlerin modellenmesini sağlar; böylece proje yöneticileri riskleri önceden belirleyip önceliklendirebilir [27]. Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) ise inşaat sürecinin dijital bir modelini oluşturarak proje aşamalarının simülasyonunu ve olası sorunların görselleştirilmesini mümkün kılar; bu sayede kaynak kullanımı, maliyet kontrolü ve iş programları daha etkin bir şekilde yönetilebilir [28]. Bu teknolojilerin entegrasyonu, risklerin doğru şekilde modellenmesini, proje süresinin optimize edilmesini, kaynak kullanımının iyileştirilmesini ve sürdürülebilir bir altyapının oluşturulmasını sağlar; dolayısıyla modern risk yönetimi yaklaşımları yol yapım projelerinin hem ekonomik hem de çevresel açıdan daha güvenli ve verimli yürütülmesine katkıda bulunur.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yol yapım projeleri, çok sayıda belirsizlik ve risk faktörü içerdiği için etkili bir risk analizi ve yönetimi kritik öneme sahiptir. Çalışmada elde edilen bulgular, saha kazaları, zemin ve malzeme sorunları, iklim koşulları, ekipman arızaları, yasal ve bürokratik gecikmeler ile maliyet ve zaman yönetimi gibi risklerin projeyi olumsuz etkileyebileceğini göstermektedir. Bu nedenle, risklerin erken aşamada tanımlanması, nitel ve nicel analiz yöntemleriyle değerlendirilmesi ve uygun önlemlerin sistematik olarak planlanması gerekmektedir. Projelerde çalışan güvenliğinin sağlanması, bütçe ve zaman hedeflerinin korunması ve kalite standartlarının karşılanması için risk yönetim süreçleri proje başlangıcından itibaren uygulanmalıdır. Ayrıca paydaşlar arasında etkili iletişim ve koordinasyon sağlanmalı, acil durum stratejileri geliştirilerek beklenmedik durumların olumsuz etkileri minimize edilmelidir. Etkin bir risk yönetimi, yol yapım projelerinin başarı oranını artırmak ve sürdürülebilir altyapı sağlamak açısından vazgeçilmez bir unsurdur.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Yol yapım projelerinde risklerin etkin yönetimi, sadece iş güvenliği açısından değil, aynı zamanda projenin ekonomik ve zaman performansı açısından da kritik bir rol oynamaktadır. Bu çalışmada elde edilen bulgular, özellikle saha koşullarına bağlı belirsizlikler, zemin özellikleri, hava koşulları ve malzeme tedarikinde yaşanan aksaklıkların projelerin süresini ve maliyetini doğrudan etkilediğini göstermektedir. Ayrıca, çalışanların yeterli eğitim ve bilinç düzeyine sahip olmaması, güvenlik tedbirlerinin eksik uygulanması ve sahada modern teknolojik araçların yeterince kullanılmaması, risklerin artmasına ve kazaların meydana gelmesine sebep olmaktadır. Bu nedenle, yol yapım projelerinde kapsamlı bir risk yönetim planı geliştirilmesi, risklerin sürekli izlenmesi ve erken uyarı sistemlerinin oluşturulması hayati öneme sahiptir.

Bunun yanı sıra, modern yönetim sistemleri ve teknolojik araçların entegrasyonu, risk analizinin doğruluğunu artırmakta ve proje yönetim süreçlerini optimize etmektedir. Örneğin, Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS) ve Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) kullanımı, hem saha verilerinin gerçek zamanlı olarak izlenmesini hem de olası sorunların simülasyonla önceden görülmesini sağlamaktadır. Bu yaklaşım, kaynak kullanımını optimize etmekte, iş gücü ve malzeme planlamasını iyileştirmekte ve çevresel etkilerin azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca risklerin doğru bir şekilde modellenmesi, proje süresince karşılaşılabilecek beklenmedik durumların etkilerinin minimize edilmesine olanak tanımaktadır.

Yol yapım projelerinde risk yönetimi süreçlerinin proje başlangıcından itibaren planlanması ve tüm paydaşların sürece dahil edilmesi büyük önem taşımaktadır; böylece riskler erken aşamada belirlenebilir ve gerekli önlemler zamanında alınabilir. Bu kapsamda, çalışanların iş sağlığı ve güvenliği konularında düzenli eğitimlerden geçirilmesi, sahada güvenlik kültürünün güçlendirilmesine önemli katkı sağlayacaktır. Ayrıca, modern teknolojik araçların (GIS, BIM) etkin bir şekilde kullanılması, risklerin görselleştirilmesi ve önceden planlanması açısından kritik bir rol oynamaktadır. Beklenmedik olaylara karşı proaktif stratejilerin geliştirilmesi amacıyla acil durum planları ve senaryo analizlerinin uygulanması, projelerde ortaya çıkabilecek olumsuz etkilerin minimize edilmesini sağlamaktadır. Risk değerlendirme bulgularının düzenli olarak güncellenmesi ve tüm proje paydaşlarıyla paylaşılması ise proje süresince güvenli, ekonomik ve sürdürülebilir bir çalışma ortamının oluşturulmasına imkân tanımaktadır.

KAYNAKÇA

[1] Gönenç G. İ. *Yol Şantiyelerinde ve Çevresinde İş Sağlığı ve Güvenliği Risklerinin Değerlendirilmesi.* Uzmanlık Tezi, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara, 2016.

[2] Weijermars, W., Spittje, H. Analysis of Traffic Safety At Roadworks. Association for European, 2008.

[3] Gürcanlı, G.E., Müngen, U., Analysis of Construction Accidents in Turkey and Reasons, Industrial Health, 2013.

[4] Kömürlü, R., İnşaat Projelerinin Yapımında Risk Yönetim Süreci, 2021

[5] Genç, O., Identifying Principal Risk Factors of Turkish Construction Sector, 2021

[6] Baykuş, M., Role of the Regulation Framework in Occupational Safety, Safety Journal, MDPI, 2024

[7] Al-Bahar J., Crandall K.C. Systematic Risk Management Approach for Construction Projects, Journal of Construction Engineering and Management, 1990.

[8] Chapman C. Project Risk Analysis and Management, PRAM the Generic Process, International Journal of Project Management, 1997.
[9] Uralcan, G. Ş. Temel Sigorta Bilgileri ve Sigorta Sektörünün Yapısal Analizi, 2011.
[10] Arıkan, R. Stratejik Yönetim İçin Bulanık Risk Değerlendirme Modelleri ve Karşılaştırmalı Analizi, 2014.
[11] Dengiz, G. M. Temel Proje Yönetimi – Eğitim Programı Genişletilmiş Ders Notları, Sağlık Bakanlığı, Proje Yönetimi Destek Birimi, 2007.
[12] Ergi K. Finansal risk analizinin 5D BIM sistemine entegrasyonu ve finansal risk destekli BIM optimizasyonu, 2022.
[13] Karaçar, P. Türk İnşaat Sektöründe İhale Sürecine Yönelik Risk Yönetimi Kapsamında Alan Çalışması, 2000.
[14] Memioğlu, C. İnşaat Sektöründe İhale Süreci Kapsamında Sözleşmelerde Risk Yönetimi, 2020.
[15] Korkmaz, A. Teklif Verme Sürecinde Olan Yükleniciler İçin İnşaat Sözleşmelerinde Risk Değerlendirme, 2004.
[16] Birgönül M.T., Dikmen İ. İnşaat Projelerinin Risk Yönetimi, 1996.
[17] PMI. A Guide to the Project Management Body of Knowledge, 2017.
[18] Baloi, D., Price, A. D. Modelling global risk factors affecting construction cost performance, 2003.
[19] Kerzner, H. Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling. John Wiley & Sons, 2017.
[20] Enshassi, A., Al-Hallaq, K., Mohamed, S. Risk management in building projects, 2006.
[21] Sharan K. Review on construction risk and development of risk management procedural index – A case study from Chennai construction sector, 2021.
[22] Okudan, O., Budayan, C., Dikmen, I. A knowledge-based risk management tool for construction projects using case-based reasoning, 2021.
[23] Tah, J., Carr, V. Knowledge-based approach to construction project risk management. 2001.
[24] Hillson, D., Grimaldi, S., Rafele, C. Managing project risks using a cross-risk breakdown matrix. 2006.
[25] Flanagan R., Norman G. Risk Management and Construction, 1993.
[26] Zou, P. X. W., Zhang, G., Wang, J. Understanding the key risks in construction projects in China, 2007.
[27] Marcin, B. The use of GIS tools for Road infrastructure safety management, 2018.
[28] Mikela, C. Using BIM in the safety risk management of modular construction, 2022.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ENERGY EFFICIENCY IN BUILDINGS AND SMART ELECTRICAL SYSTEMS

Lect. Dr., Muhammed Kemalettin TORAMAN
Van Yuzuncu Yil University, kemalettin@yyu.edu.tr- 0000-0002-9641-5387
Asst. Prof. Dr., Erşan Ömer YÜZER
Hakkari University, ersanomeryuzer@hakkari.edu.tr- 0000-0002-9089-1358

ABSTRACT

Improving energy efficiency in buildings has critical importance for both enhancing user comfort and reducing operating costs. Today, this objective is achieved through smart electrical systems that enable the management of lighting, air conditioning, security, and various electrical equipment within the building by means of sensors, data acquisition units, and automation technologies. The main purpose of energy efficiency in buildings and smart electrical systems is to reduce energy consumption, minimize environmental impacts, increase user safety and comfort, make energy use monitorable and optimizable, and establish an economical operational structure. These systems provide flexibility in energy management by offering remote monitoring and control capabilities and evolve into an integrated structure together with high-efficiency heating-cooling systems, automatic lighting solutions, and power quality improvement methods.

Although there are many methods for increasing energy efficiency, in addition to thermal insulation applications implemented in the building, the use of photovoltaic (PV) systems, the widespread adoption of smart meters, motion and light sensors, smoke and fire detection systems, smart access and intercom technologies are important smart electrical system components that enhance energy efficiency in both residential and commercial buildings. The operation of these components under an integrated energy management system ensures both sustainable and high-performance building operation. In this study, the basic components, operating principles, and application examples of smart electrical systems aimed at increasing energy efficiency in buildings are examined, and an evaluation is presented from the perspective of integrated energy management.

Keywords: Smart buildings, energy efficiency and management, sensors

1. INTRODUCTION

The purpose of this study is to examine the fundamental components and functions of smart electrical systems aimed at increasing energy efficiency in buildings, as well as their contributions to energy management. In this context, the effects of components such as sensor-

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

based control mechanisms, smart meters, automation technologies and renewable energy integration on building energy performance were evaluated. In addition, it is aimed to reveal the advantages that smart systems provide for user comfort, energy saving potential and sustainability goals. The study aims to emphasize the necessity of smart electrical infrastructures in modern building design and to present a holistic perspective for integrated energy management strategies.

Increasing energy efficiency in buildings is of great importance both in reducing energy costs and in minimizing environmental impacts. Buildings, which have high energy demand due to heating, cooling, lighting and electrical devices, have a significant share in total energy consumption. For this reason, energy efficiency practices are a strategic necessity for sustainable resource use, reducing carbon emissions and improving user comfort. The use of smart electrical systems plays a critical role in increasing this efficiency [1-3].

Recently, many researchers have focused their studies on various topics such as smart buildings, sensor-based devices and building management systems in order to improve living standards in smart buildings [4]. Research shows that integrating sensor devices with machine learning models carries significant potential for increasing energy efficiency and optimizing building management [5]. IoT-based approaches significantly improve the energy performance of smart buildings through functions such as real-time data analysis, remote monitoring and demand management [6].

Among the technologies that support energy efficiency in next-generation smart buildings, sensor networks, automatic control systems and data-driven decision mechanisms stand out. These technologies, especially through personalized energy management applications, can analyze user behavior and optimize consumption [7]. Multi-purpose control algorithms increase comfort in heating and cooling systems while also reducing energy losses [8].

Energy efficiency in buildings is considered a fundamental component in the formation of sustainable and smart cities. Real-time monitoring solutions enable more effective management of building performance by analyzing environmental and structural data, allowing operators to detect anomalies, identify inefficiencies and implement corrective actions in a timely manner [9]. By continuously tracking parameters such as temperature, humidity, occupancy levels, lighting conditions and equipment status, these systems support data-driven decision-making processes and contribute to the long-term optimization of energy consumption. In addition, recent studies on automation systems reveal that user-centered and adaptive control systems will increasingly become standard in smart buildings, as they are capable of learning from user behavior, responding to changing environmental conditions and dynamically adjusting operational strategies to balance comfort and efficiency [10]. Such adaptive systems can, for example, modulate heating, cooling and ventilation based on both real-time occupancy data and predictive models, thereby reducing unnecessary energy use while maintaining acceptable comfort levels. Recent research also emphasizes that energy-efficient building design is a critical factor for climate-resilient cities, since buildings designed with high-performance envelopes, integrated renewable energy systems and advanced control

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

infrastructures can better withstand extreme weather conditions, reduce greenhouse gas emissions and support broader urban sustainability and resilience goals. [11].

2. ENERGY EFFICIENCY IN BUILDINGS

Energy efficiency in buildings mainly involves the use of high-efficiency household appliances and, accordingly, the implementation of energy saving and related measures. While energy saving measures are defined as all kinds of technological applications implemented to reduce the energy use of buildings, they can be exemplified under three headings [12]:

- Passive energy saving measures (use of heat-insulated glass and addition of external shading elements)
- Active energy saving measures (increasing the energy efficiency of heating and cooling systems and the preference for energy-saving lamps)
- Renewable energy source energy saving measures (integration of solar collectors, photovoltaic panels, geothermal heat pumps and wind turbines)

3. SMART ELECTRICAL SYSTEMS

Smart electrical systems are integrated structures designed to increase the energy efficiency of buildings through sensors, automation infrastructures, energy management algorithms and user-oriented control components. These systems have become decisive for the sustainable energy performance of modern buildings by performing functions such as demand management, monitoring, optimization, predictive control and renewable energy integration [13]. Smart electrical systems optimize energy use through the integrated operation of hardware and software components. Sensors, meters, controllers, communication units and automation software form the basis of this structure. The proper integration of these systems reduces uncertainties in energy consumption and ensures optimal building management [14].

In addition to smart meters, motion, temperature, light, occupancy and power sensors are fundamental elements that provide real-time data for smart buildings. These sensors increase efficiency by regulating energy consumption according to user behavior [15].

Smart meters:

They enable the instantaneous monitoring of electricity use, making demand management and the evaluation of consumption habits possible. Monitoring systems created with these meters increase users' awareness of consumption while providing data for energy management systems [15]. Moreover, since energy consumers can follow consumption data in real-time and up-to-date, they can reduce unnecessary expenses and lower their bill costs. Thus, electrical energy is used effectively, ensuring the security of the supply and demand balance [16]. Figure 1 presents the operational representation of a system installed with an electric meter.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Figure 1. Operational representation of smart electricity meters [17]

Motion / Occupancy Sensors:

They are used especially in indoor spaces such as offices, classrooms and residences to determine whether a person or people are present at that moment. This detection provides the opportunity for significant energy savings by preventing lighting, heating-cooling and other electrical systems from operating unnecessarily [18].

Temperature Sensors:

Especially when combined with occupancy, enabling temperature control according to need, that is, minimizing heating/cooling in unoccupied areas, significantly reduces energy consumption. This increases energy efficiency while maintaining indoor comfort. By monitoring the indoor temperature of the building, they ensure efficient operation of heating, cooling and ventilation systems. Thanks to accurate temperature measurement, unnecessary heating or cooling is avoided; thus, energy waste is reduced [18].

Light / Illumination Sensors:

By measuring the natural light level of the environment, they automatically adjust whether artificial lighting will be activated or how bright it will be. When sufficient daylight is available, artificial lighting is turned off or reduced, which decreases electricity consumption. In addition, when lighting systems are integrated with automation, a balance between comfort and energy savings is achieved: for example, turning off lights in an empty room or automatically turning them on when the room is in use. This approach is an important step within the scope of "energy-efficient building automation" [18].

Fire Detection and Alarm Systems:

They generally consist of the combination of these three sensors. Fire and hazard detection is provided by 1) temperature sensors, 2) smoke sensors and 3) gas sensors. In suppression systems, sprinklers activated mostly by temperature sensors are used, while in system rooms, power supply rooms and similar areas that are important in building management and contain equipment and materials that may cause faster fire spread, gas extinguishing systems are applied [19].

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Climatization Systems:

These systems control the heating, cooling and ventilation solutions of buildings as well as their thermal comfort, humidity and air quality. Generally, comfort conditions in HVAC systems depend on the preferred heating options. These are often provided by systems such as combi boilers, air-conditioning systems, condensing boilers and underfloor heating [19].

Integrating the sensors listed above under a building automation system provides great advantages in terms of both energy efficiency and indoor comfort/environmental comfort (temperature, light, air quality, etc.) [20]. Especially motion and occupancy control approaches, that is, the control of lighting, heating-cooling and energy systems according to the usage status of the space via sensors, can significantly reduce energy consumption; in some studies, it has been reported that this provides 10–20% electricity savings [21]. In addition, the analysis of data collected from sensors and its processing with smart algorithms (such as artificial intelligence and machine learning) allows buildings to transform into more environmentally compatible, autonomously deciding and adaptive systems [22]. The basic control units that collect and process data obtained from sensors and make real-time decisions over different systems such as lighting, heating-cooling, security and energy management are called smart home panels. These panels analyze instantaneous data coming from motion, temperature, light, occupancy and power sensors, optimize energy consumption and increase user comfort [23]. Modern panels operate integrated with IoT-supported communication protocols, wireless sensor networks and cloud-based data storage systems, enabling both remote access and automatic energy optimization [24]. In addition, supporting smart management panels with machine learning algorithms significantly increases energy efficiency by modeling user behavior in buildings and enabling more accurate prediction of energy demand [25]. In this respect, smart home panels are considered the central component of sensor-based control architecture and form the basis of sustainable energy management in smart buildings.

Today, in both building design and building management processes, sensors, Internet of Things components and artificial intelligence-supported software are widely applied. Artificial intelligence can optimize design decisions by analyzing multidimensional data such as the geographical location of a building, weather conditions, solar exposure potential and user habits; furthermore, it can autonomously improve energy management in smart buildings by learning from sensor data and past usage information. These systems can regulate comfort conditions such as heating, cooling, lighting and ventilation without human intervention; additionally, they can predict maintenance and repair needs and provide proactive notifications to building managers. In short, artificial intelligence-supported approaches significantly increase energy efficiency and sustainability in both smart building design and operation processes.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

4. RESULTS AND DISCUSSION

Within the scope of this study, the role of smart electrical systems, sensor technologies and building management panels in increasing energy efficiency in buildings has been comprehensively addressed. Current literature reviews show that the energy performance of smart buildings largely depends on sensor-based data collection, automation, machine learning–supported control mechanisms and systems that take user behavior into account. Operating motion, temperature, light, occupancy and power sensors under an integrated management system is critically important for both reducing unnecessary energy use and optimizing indoor comfort.

Smart home/building control panels process sensor data and generate real-time decisions, dynamically adjusting the operating strategies of lighting, heating-cooling and other electrical equipment. This architecture not only provides energy savings but also enables the system to become more efficient over time by learning user behaviors. Studies in the literature indicate that such smart systems can reduce building energy consumption by 10–30%, offering significant savings potential particularly in heating-cooling and lighting control. Additionally, artificial intelligence–based models have been shown to provide high accuracy in predicting building energy demand, which is expected to pave the way for more autonomous and self-optimizing buildings in the future.

When the discussion section is evaluated, it can be said that the widespread adoption of smart buildings faces certain technical and practical challenges. Factors such as sensor accuracy, data security, system integration, adaptation to user habits and cost are among the main issues that need to be considered for the effective implementation of smart electrical systems. In particular, the reliability and calibration of sensors, the protection of large volumes of operational and personal data, and the interoperability of heterogeneous systems and communication protocols are critical for ensuring stable and secure performance. Furthermore, user acceptance and behavioral adaptation play an important role, since even well-designed systems may fail to deliver the expected benefits if occupants do not use them appropriately or disable automated functions. However, rapidly developing IoT technologies, low-cost sensors, cloud-based energy management platforms and artificial intelligence–supported control systems offer significant opportunities to address many of these challenges, enabling more scalable, flexible and cost-effective smart building solutions in the near future.

In conclusion, the widespread implementation of smart electrical systems in buildings has great potential both for increasing energy efficiency and for achieving sustainable urbanization goals. By enabling more precise control of energy consumption, supporting demand-side management and facilitating the integration of renewable energy sources, these systems contribute to reducing operating costs as well as environmental impacts. This study demonstrates that a building energy management approach integrating sensor-based control structures and smart management panels will be a fundamental component of future energy-efficient building designs, particularly in the context of smart city infrastructures and data-driven planning.

REFERENCES

[1] Zhou, B., Li, W., Chan, K. W., Cao, Y., Kuang, Y., Liu, X., & Wang, X. (2016). Smart home energy management systems: Concept, configurations, and scheduling strategies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 61, 30-40.

[2] Dincer, I., & Acar, C. (2017). Smart energy systems for a sustainable future. *Applied energy*, 194, 225-235.

[3] Canton, H. (2021). International energy agency—IEA. *In The Europa directory of international organizations* 2021 (pp. 684-686). Routledge.

[4] Shah, S. F. A., Iqbal, M., Aziz, Z., Rana, T. A., Khalid, A., Cheah, Y. N., & Arif, M. (2022). The role of machine learning and the internet of things in smart buildings for energy efficiency. *Applied Sciences*, *12*(15), 7882.

[5] Petroșanu, D. M., Căruțașu, G., Căruțașu, N. L., & Pîrjan, A. (2019). A review of the recent developments in integrating machine learning models with sensor devices in the smart buildings sector with a view to attaining enhanced sensing, energy efficiency, and optimal building management. *Energies*, 12(24), 4745.

[6] Metallidou, C. K., Psannis, K. E., & Egyptiadou, E. A. (2020). Energy efficiency in smart buildings: *IoT approaches. IEEE access*, 8, 63679-63699.

[7] Fotopoulou, E., Zafeiropoulos, A., Terroso-Sáenz, F., Şimşek, U., González-Vidal, A., Tsiolis, G., ... & Skarmeta, A. (2017). Providing personalized energy management and awareness services for energy efficiency in smart buildings. *Sensors*, *17*(9), 2054.

[8] Shaikh, P. H., Nor, N. B. M., Nallagownden, P., Elamvazuthi, I., & Ibrahim, T. (2016). Intelligent multi-objective control and management for smart energy efficient buildings. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, *74*, 403-409.

[9] Brunelli, D., Minakov, I., Passerone, R., & Rossi, M. (2015, July). Smart monitoring for sustainable and energy-efficient buildings: A case study. In *2015 IEEE Workshop on Environmental, Energy, and Structural Monitoring Systems (EESMS) Proceedings* (pp. 186-191). IEEE.

[10] Vijayan, D. S., Rose, A. L., Arvindan, S., Revathy, J., & Amuthadevi, C. (2020). Automation systems in smart buildings: a review. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 1-13.

[11] Aslan, M. M., & Bulut, Y. (2022). İklim değişikliğine dirençli kentlerin oluşumunda yenilikçi yaklaşımlar: İklim değişikliği yönetişimi ve enerji verimli binalar. *Kent Akademisi*, *15*(3), 1023-1036.

[12] YILDIZ, C. (2024). Binalarda Enerji Verimliliğinde Son Gelişmeler: Türkiye Örneği. Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology, 1-1.

[13] Krarti, M. (2023). Energy-Efficient Electrical Systems for Buildings. *CRC Press*.

[14] Di Piazza, M. C., La Tona, G., Luna, M., & Di Piazza, A. (2017). A two-stage Energy Management System for smart buildings reducing the impact of demand uncertainty. *Energy and Buildings*, 139, 1-9.

[15] Alam, M. A., & Zeyad, M. (2019, November). Smart cities and buildings: GSM based smart electric energy meter billing system. *In 2019 IEEE International Conference on Power, Electrical, and Electronics and Industrial Applications* (PEEIACON) (pp. 1-4). IEEE.

[16] Nane, M., Gök, H., Akyazı, Ö., & Aksoy, C. (2023). Akıllı elektrik sayacı ile enerjinin takip ve kontrolü. Journal of Science at Gumushane University, 13(4), 949-961.

[17] Liu, M., Liu, D., Sun, G., Zhao, Y., Wang, D., Liu, F., & Xu, D. (2020). Deep learning detection of inaccurate smart electricity meters: A case study. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, *14*(4), 79-90.

[18] Dong, B., Prakash, V., Feng, F., & O'Neill, Z. (2019). A review of smart building sensing system for better indoor environment control. *Energy and Buildings*, 199, 29-46.

[19] Ekrem Eralp Ü., (2020). "Yapay Zekâ Çağında Akıllı Binaların Yeniden Değerlendirilmesi" *Istanbul Bilgi University Graduate School*, Master's Program.

[20] Ahmed, I., Asif, M., Alhelou, H. H., & Khalid, M. (2024). A review on enhancing energy efficiency and adaptability through system integration for smart buildings. *Journal of Building Engineering*, 89, 109354.

[21] Lavrinovica, I., Judvaitis, J., Laksis, D., Skromule, M., & Ozols, K. (2024). A Comprehensive Review of Sensor-Based Smart Building Monitoring and Data Gathering Techniques. *Applied Sciences*, 14(21), 10057.

[22] Rueda, L., Agbossou, K., Cardenas, A., Henao, N., & Kelouwani, S. (2020). A comprehensive review of approaches to building occupancy detection. *Building and Environment*, 180, 106966.

[23] Elkholy, M. H., Senjyu, T., Lotfy, M. E., Elgarhy, A., Ali, N. S., & Gaafar, T. S. (2022). Design and implementation of a real-time smart home management system considering energy saving. Sustainability, 14(21), 13840.

[24] Orumwense, E. F., & Abo-Al-Ez, K. M. (2023). Internet of Things for smart energy systems: *A review on its applications, challenges and future trends*. AIMS electronics and electrical engineering.

[25] Nabavi, S. A., Motlagh, N. H., Zaidan, M. A., Aslani, A., & Zakeri, B. (2021). Deep learning in energy modeling: *Application in smart buildings with distributed energy generation*. IEEE Access, 9, 125439-125461.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ELECTRICAL INSTALLATION STANDARDS IN TERMS OF FIRE SAFETY

Lect. Dr., Muhammed Kemalettin TORAMAN

Van Yuzuncu Yil University, kemalettin@yyu.edu.tr- 0000-0002-9641-5387

Asst. Prof. Dr., Erşan Ömer YÜZER

Hakkari University, ersanomeryuzer@hakkari.edu.tr- 0000-0002-9089-1358

ABSTRACT

With technological developments, the areas of use of electrical energy have rapidly increased, and in parallel, electricity-related risks have also become more visible. Foremost among these risks are electricity-originated fires, which directly threaten life and property safety. The design, installation and regular inspection of electrical installations in accordance with national and international standards have become a critical requirement in terms of fire safety.

In this study, the effect of electrical installations on fire safety and the basic standards and legislation applied in this field are examined. Since electrical installations are the starting point of many fires, they are an integral component of structural fire safety planning. Installations that are designed according to appropriate engineering principles, constructed with qualified materials and subjected to periodic maintenance reduce the fire risk. In this context, material quality, the selection of cables with appropriate cross-section and fire resistance class, adequately and properly designed earthing systems, overcurrent and residual current protection devices, integration with fire detection and alarm systems, as well as periodic maintenance and testing processes constitute the basic elements of a safe electrical infrastructure.

The TS EN 60364 standard and the Regulation on Electrical Internal Installations in force in Turkey, and, at the international level, documents such as IEC 60364 and NFPA 70 (NEC), define in detail the principles of design, operation and maintenance of electrical installations with the aim of reducing fire risk. Preventing a fire before it occurs is both a more effective and a more economical approach than attempting to extinguish it.

Keywords: Fire safety, electrical installation, residual current protection

1. INTRODUCTION

Fire safety is one of the most critical components of building safety and is directly related to the design, implementation and operational processes of electrical installations. Electrical fires occur due to reasons such as overcurrent, short circuits, insulation failure, arc formation and the use of improper materials, and they lead to loss of life, major financial damage and infrastructure interruptions. Today, the increase in urbanization, the rise in energy demand and the widespread use of electrical equipment have made electrical installations even more critical in terms of fire safety [1-4]. The fire safety of electrical installations is not merely a technical design problem but a multidisciplinary safety field shaped by standards, regulations and user behavior. Gentile and colleagues emphasize that fire safety in electrical installation design is

not limited only to protective devices; cable selection, installation routes, compartmentalization and maintenance processes must be addressed holistically [1]. Similarly, Kumar and Balachander state that most fires occurring in electrical installations result from nonstandard practices and inadequate maintenance processes [2].

An important portion of the fire risks associated with electrical installations originates from the flammability characteristics of the materials used. In particular, the fire behavior of plastic-based insulation and enclosure materials directly affects the development and spread of fire. In the study conducted by Babrauskas and Simonson, it was revealed that there are inconsistencies between the fire safety objectives and the existing standard requirements for the plastic materials used in many electrical devices and installation components. This situation indicates that not only electrical safety but also the fire behavior of materials must be considered in the design [5]. The fire behavior of electrical installations in buildings affects not only the local ignition risk but also the rate of fire spread within the building and smoke production. Fangrat and colleagues demonstrated that electrical installations inside buildings can both increase the fire load during a fire and that cable routes play a critical role in the spread of fire between floors. Therefore, modern fire safety approaches consider installation components as an integral part of passive and active fire protection systems [3].

Standards and regulations in the field of fire safety are continuously updated in parallel with technological developments. Troitzsch stated that the development of flame-retardant materials and changes in fire standards have significantly increased the safety level of electrical installations, but incompatibilities during the implementation phase still remain a serious problem [6]. Smelkov and colleagues emphasize in recent studies that electrical installation equipment poses new risks in terms of fire safety, and that standards have become even more important, particularly with the development of high-power systems [7]. Fire safety for electrical installations is not limited only to design and material selection; it also includes risk analysis, operational safety and user awareness. The workplace-based fire risk analysis study conducted by Hassanain and colleagues showed that risks associated with electrical installations can be accurately identified through systematic risk assessment methods and that the effectiveness of preventive measures can be significantly increased [8].

Fire safety in buildings is an integrated process that requires the collaboration of architectural design and engineering disciplines. Menzies states that in modern building design, electrical installations must be considered together with fire compartmentation, the safety of escape routes and emergency systems. This approach positions the electrical installation not only as a system that carries energy but also as a fundamental component of the fire safety infrastructure [9]. In the prevention of electrical fires, the human factor plays a decisive role in addition to technical factors. In the study conducted by Mutabaruka and colleagues, it was revealed that the attitudes of electrical engineers and technical personnel toward compliance with safety standards directly affect fire safety performance. This situation clearly demonstrates the importance of technical training and in-service safety awareness [10].

Studies conducted specifically in Türkiye also show that electrically induced fires constitute a significant risk group. In the study carried out by Kaya and Kaya, it was stated that electrical burnings and fires cause serious loss of life and property in our country and that the

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

majority of these fires result from negligence, nonstandard practices and lack of maintenance. In addition, Oduncu and colleagues emphasized that recent developments regarding fire awareness are not sufficiently reflected in practice and that the awareness of technical personnel in particular needs to be improved [4,11].

In this context, the aim of this study is to evaluate the risks posed by electrical installations in terms of fire safety in the light of current scientific studies, to present the approach of international and national standards and to systematically examine the basic technical requirements aimed at improving fire safety throughout the design–implementation–operation continuum.

2. ELECTRICAL STANDARDS IN TERMS OF FIRE SAFETY

In Türkiye, the safety of electrical installations is largely regulated according to the TS EN 60364 standard. This standard specifies the requirements for the design, installation and inspection of low-voltage electrical installations. Internationally, standards such as IEC 60364 and NFPA 70 (NEC – National Electrical Code) contain globally accepted rules regarding electrical safety. These standards cover many critical details, from the proper selection of cable cross-sections to the use of circuit breakers and residual current protection systems [12].

In terms of fire safety, the regular maintenance of electrical installations is also of great importance. Worn cables, loose connections and dust accumulation over time can lead to the formation of electrical arcs and cause fires. Therefore, periodic inspections and thermal analyses performed with thermal cameras should not be neglected. In addition, designing electrical installations to operate in integration with fire detection systems ensures early detection of a possible fire and shortens the intervention time.

Table 1. Relevant criteria of electrical installation standards (TSE, NFPA, IEC)

Standard Code	Standard Name	Scope	Relation to Fire Safety	Application Area
TS EN 60364	Low Voltage Electrical Installation	Design, installation and inspection of electrical installations	Specifies overcurrent protection, residual current protection systems and insulation requirements to prevent fire formation	Buildings, industrial facilities
TS EN 61439	Low Voltage Switchgear and Control gear Assemblies	Panel design, assembly and test criteria	Prevention of overheating and short-circuit risks	Electrical panels
TS EN 50565	Guide for Cable Installation Practices	Proper laying and protection of cables	Prevention of mechanical damages that may cause fire	All indoor building cabling systems
TS EN 60702	Mineral Insulated Cables	Characteristics of fire-resistant cables	Operability even at high temperatures and prevention of fire spread	Emergency systems, hospitals

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

TS EN 50200	Cables Maintaining Circuit Integrity Under Fire Conditions	Test criteria for cables that continue operating during fire	Ensures that systems such as alarms and emergency lighting continue functioning during a fire	Emergency escape routes
IEC 60331	Fire Testing of Cables	Electrical integrity of cables during fire	Allows systems to receive power during fire events	Critical system infrastructures
TS CEN/TS 54-14	Fire Detection and Alarm Systems – Planning and Installation	Design and installation of alarm systems	Ensures proper operation of early fire warning systems	Hotels, schools, shopping malls

Research and case studies show that electrical installations that do not comply with standards significantly increase the risk of fire. For example, the overheating of cables with insufficient cross-sections or the use of inappropriate fuses appears as the main cause of many industrial and residential fires. Therefore, raising awareness about electrical installation safety, employing trained and certified electricians, and operating inspection mechanisms effectively are of great importance. Electrical installations are among the most critical components of modern buildings. However, improper design of these installations or noncompliance with standards can create serious fire risks. Particularly in densely populated cities such as Istanbul, the fact that electrically induced fires constitute one-quarter of all fires demonstrates the urgency of this issue [13].

Detecting fires before they occur is extremely important in preventing loss of life and property. For this reason, more conscious and systematic measures are taken today against fire risks. In order to avoid serious losses in the event of a possible fire, early warning systems and various safety applications play a major role. Since these systems directly concern human life, they must be produced in accordance with specific quality standards. Fire detection and alarm systems that comply with EN54 standards and are approved by the European Union stand out in terms of reliability. The use of uncertified or nonstandard products, on the other hand, may pose serious risks. Figure 1 presents the equipment used in fire alarm systems.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Figure 1. Fire alarm systems [14]

Fire detectors are devices that activate when the fire risk emerges and notify the presence of fire, allowing necessary measures to be taken. They are designed to monitor the environment continuously and, upon detecting abnormal conditions, to initiate an alarm which enables the rapid implementation of evacuation, suppression or containment procedures. Detectors typically activate with the increase of heat that enables the occurrence of fire, and in doing so, they trigger the required system components such as alarm panels, sirens, emergency lighting and, where applicable, automatic extinguishing systems, thus providing the opportunity for early intervention. In addition to heat, many modern fire detectors are capable of sensing smoke, flame radiation or a combination of these parameters, which improves their sensitivity and reliability in different types of fire scenarios. Fire detectors must be able to detect the signs of fire at an early stage, before the situation escalates into a fully developed fire, and must be capable of operating under different environmental conditions such as varying temperature, humidity, dust levels and airflows, without producing frequent false alarms or performance loss. [14].

3. FIRE SAFETY ELECTRICAL STANDARDS – APPLICATION EXAMPLES

TS HD 60364 – Low Voltage Installations

- In large buildings such as shopping malls, residual current devices are used as fire protection.
- Cable routes are designed in a way that does not increase fire load.
- Electrical panels are made of materials resistant to short circuits and heat.

TS EN 60670 – Electrical Installation Boxes

- Junction boxes that prevent flame propagation and do not melt are used.
- In hot areas such as attics, heat-resistant junction boxes are preferred.

TS EN 61439 – Switchgear and Control Panels

- Overcurrent protection and thermal relays in factory panels reduce fire risk.
- The interior of panels is supported with insulation to prevent arc formation.

TS EN 50575 – Fire Performance of Cables

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

- When selecting cables, flame propagation class (B2ca, Cca) is considered.
- Cables with minimal smoke density and low toxic gas emission are selected.

TS EN 50200 – Fire-Resistant Cables

- Emergency lighting cables in hospitals are of fire-resistant type.
- Siren and alarm systems operating during fire are supplied by such cables.

TS EN 54 Series – Fire Detection and Alarm Systems

- Fire detection systems include smoke, heat and flame detectors.
- System components (panel, detector, call point) are selected according to EN 54.

TS CEN/TS 54-14 – Design Rules

- Detector placement is made according to airflow, reducing false alarm risk.
- System power is supplied from dual sources (grid + battery).

NFPA 70 (NEC) – National Electrical Code

- In American installations, metal conduits limit fire spread.
- In high-risk areas, fire-limiting protective devices are mandatory.

4. IMPORTANCE OF ELECTRICAL STANDARDS

Electrical standards are rules established to ensure the safe and proper operation of electrical systems. Their importance can be summarized as follows:

- Provides safety: Prevents electrical accidents (fire, electric shock, etc.).
- Ensures compatibility: Allows different devices and systems to operate together smoothly.
- Improves quality: Enhances the performance and reliability of electrical systems.
- Supports energy efficiency: Allows energy to be used with less loss.
- Facilitates maintenance and repair: Helps technical personnel understand and intervene in systems.
- Facilitates international trade: Products that comply with standards are globally accepted.

5. APPLICATION AREAS OF ELECTRICAL STANDARDS IN ENSURING FIRE SAFETY

- Cabling Systems: Fire-resistant cables must be used, and all cable penetrations must be protected with fire-stopping materials.
- Residual Current Devices: By detecting grounding faults early, residual current devices prevent possible fires.
- Overcurrent Protection: Systems such as fuses and circuit breakers reduce fire risk by disconnecting the circuit during overcurrent.
- Grounding and Equipotential Systems: Proper grounding ensures the safe discharge of leakage currents.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

- Periodic Inspections: As specified in regulations, electrical installations must be inspected at least once a year [15–18].

Common Problems in Practice

- Presence of nonstandard installations in old buildings.
- Lack of inspections and insufficient control mechanisms.
- Installation work performed by individuals without adequate technical knowledge.
- Use of poor-quality materials.

Precautions to Be Taken

- Only certified and authorized electrical engineers should work on electrical installations.
- Material selection must comply with fire regulations.
- Training and awareness activities must be increased.
- Inspections must be carried out regularly by independent institutions.

Compliance with standards in electrical installations significantly reduces fire risk. For example, flame-retardant cables and correct cross-section selection prevent overheating. However, the continued use of old and nonstandard installations in some buildings in Türkiye increases fire risk. This situation raises questions about the effectiveness of inspection mechanisms.

6. CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

Making electrical installations reliable in terms of fire safety is not merely a technical requirement or a responsibility to be addressed within the scope of engineering disciplines. It should also be considered as a vital obligation directly aimed at protecting human life. Today, increasing population density, the diversification of construction and the integration of technological equipment into daily life have made the safety of electrical installations even more important. Therefore, in all stages from the design of electrical systems to the application phase, full compliance with national and international standards, the use of fire-resistant and high-quality materials, maintaining high workmanship quality, and not neglecting regular maintenance and repair practices are of great importance. Electrical installations should be designed not only to transmit energy but also to ensure the safety of the spaces where individuals live, work and spend time.

In terms of fire safety, compliance with electrical standards is not only a legal obligation but also a necessity for protecting human life and property. The installation of electrical systems in accordance with standards, their regular inspection and their conscious use significantly reduce fire risks. Therefore, all individuals and institutions should be aware of electrical safety and firmly implement the necessary precautions.

In conclusion, compliance with standards such as TS EN 60364, IEC 60364 and NFPA 70 significantly reduces fire risk in electrical installations. The use of residual current devices and fire-resistant cables are among the effective technical solutions in fire prevention. In this context, conducting periodic inspections, eliminating systematic maintenance deficiencies and

addressing the inadequacies of inspection mechanisms will help prevent electrically induced fires. In addition, assigning only certified experts in electrical installation projects, providing regular training to building users and technical personnel on electrical safety, ensuring that inspection mechanisms are carried out by independent institutions and strengthening enforcement power, initiating renovation processes in old buildings to bring existing installations into compliance with current standards, and ensuring the integration of electrical installations with fire detection systems will contribute to the creation of safer living environments against fire risk. These holistic approaches not only ensure life and property safety but also contribute to the establishment of sustainable and secure living spaces.

REFERENCES

[1] Gentile, P., Mazzaro, M., & Turturici, C. (2017, June). Fire safety criteria in electrical installations design. In *2017 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2017 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe)* (pp. 1-7). IEEE.

[2] Kumar, K. S., & Balachander, K. (2023). Fire risks in electrical installations: the review. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 376, p. 01113). EDP Sciences.

[3] Fangrat, J., Kaczorek-Chrobak, K., & Papis, B. K. (2020). Fire behavior of electrical installations in buildings. *Energies*, *13*(23), 6433.

[4] Kaya, B., & Kaya, Y. (2019). Elektrik Kaynaklı Yanma ve Yangın. *Bayburt University Journal of Science*, *2*(1), 152-157.

[5] Babrauskas, V., & Simonson, M. (2007). Fire behaviour of plastic parts in electrical appliances—standards versus required fire safety objectives. *Fire and Materials: An International Journal*, *31*(1), 83-96.

[6] Troitzsc, J. H. (2013). Fires, fire safety and trends. Regulations, standards and the role of flame retardancy. *International Polymer Science and Technology*, *40*(10), 1-6.

[7] Smelkov, G. I., Bokov, G. V., Nazarov, A. A., & Gruzinova, O. I. (2025). Topical issues of fire safety of electrical installation devices. *Fire safety*, *118*(1).

[8] Hassanain, M. A., Al-Harogi, M., & Ibrahim, A. M. (2022). Fire safety risk assessment of workplace facilities: a case study. *Frontiers in Built Environment*, *8*, 861662.

[9] Menzies, B. (2021). Fire safety. In *Metric Handbook* (pp. 11-1). Routledge.

[10] Mutabaruka, M., Kaur, G., Dahiya, S., Kumar, A., Singh, K., & Kaur, M. (2025, July). Investigation on the attitude of electrical engineers to comply with safety standards in their routine. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2807, No. 1, p. 050002). AIP Publishing LLC.

[11] Oduncu, O., Kayış, V., Kamal, H., & Soyhan, H. S. (2018, May). Yangın Bilincinde Güncel Gelişmeler. In *2nd International Symposium on Natural Hazards and Disaster Management, Sakarya University Culture and Congress Center, Sakarya-Turkey 04-06 May 2018*.

[12] Günaydın S., (2011), Binalarda Elektrik Tesisatı Ve Yangın Güvenliği, Yangına Karşı Güvenli Kablolar, EMO.

[13] Istanbul Metropolitan Municipality Fire Department. (2021). Fire Statistics Report.

[14] https://hedefcozum.com.tr/Yangin-Algilama-Sistemleri. Access date: 27.11.2025

[15] Republic of Turkey Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change. (2022). Regulation on the Protection of Buildings from Fire. Official Gazette.

[16] Republic of Turkey Ministry of Energy and Natural Resources. (2000). Regulation on Grounding in Electrical Installations. Official Gazette.

[17] Chamber of Electrical Engineers. (2018). Electrical Internal Installations Regulation.

[18] Turkish Standards Institution. (2023). TS EN 60364: Low Voltage Installations.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİNDE ADACIKLAŞMA ALGILAMASINDA YAPAY ZEKÂ TABANLI ÇÖZÜMLER

AI-BASED SOLUTIONS FOR ISLANDING DETECTION IN SOLAR POWER PLANTS

Elektrik- Elektronik Mühendisi, EREN DOĞAN
Gaziantep İslam Bilim ve Teknoloji Üniversitesi
erendogann83@gmail.com - ORCID ID: 0009-0009-0430-3395

Prof. Dr. Mehmet Ali ÖZÇELİK
Gaziantep İslam Bilim ve Teknoloji Üniversitesi
mehmet.ozcelik@gibtu.edu.tr - ORCID ID: 0000-0003-0984-5707

ÖZET

Bu çalışmada, şebeke bağlantılı fotovoltaik (PV) sistemlerde adacıklaşma (islanding) durumunun yapay zekâ yöntemleri ile tespiti ve Non-Detection Zone (NDZ) azaltılması araştırılmıştır. Önceki çalışmalardan farklı olarak, modeller gerçek dünya koşullarını yansıtmak amacıyla yük tipi bilgisi olmadan sadece ölçülebilir elektriksel parametrelerle eğitilmiştir. Geleneksel pasif yöntemler (OUF/OUV), IEEE 1547 standardının belirlediği frekans (59.3-60.5 Hz) ve voltaj (0.88-1.10 p.u.) sınırları dışında etkili olmasına rağmen, NDZ olarak tanımlanan bölge içinde yetersiz kalmaktadır. Ülkemizde ise TEİAŞ ve EPDK tarafından yayımlanan Elektrik Piyasası Şebeke Yönetmeliği, nominal frekansı 50 Hz olarak tanımlar. Çalışma aralığı genellikle ±1 Hz toleransla 49–51 Hz arasında kabul edilir.Bu sorunu çözmek için Random Forest, Support Vector Machine (SVM) ve Yapay Sinir Ağları (ANN) modelleri geliştirilmiş ve 5-Fold Stratified Cross-Validation ile değerlendirilmiştir. 4.900 örnekten oluşan ve dört farklı yük tipini (RLC, Kapasitif, Endüktif, Rezistif) ile 900 zorlu sınır vakasını içeren simüle edilmiş veri seti üzerinde yapılan deneyler sonucunda, Random Forest modeli %93,18±0.95 doğruluk ve %85,04 NDZ azaltma oranı elde etmiştir. Bu sonuçlar, ensemble learning yaklaşımının pratikte uygulanabilir, gerçekçi ve güvenilir bir çözüm sunduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Adacıklaşma tespiti, Non-Detection Zone, Yapay zekâ, Random Forest, Fotovoltaik sistemler, K-Fold Cross-Validation, Yük tipi bağımsız tespit

ABSTRACT

In this study, artificial intelligence-based islanding detection and Non-Detection Zone (NDZ) reduction in grid-connected photovoltaic (PV) systems are investigated. Unlike previous studies, the proposed models are trained using only measurable electrical parameters without any prior knowledge of the load type, thereby better reflecting real-world operating conditions. Although conventional passive methods (Over/Under Frequency and Over/Under Voltage) are effective outside the frequency (59.3–60.5 Hz) and voltage (0.88–1.10 p.u.) limits specified by the IEEE 1547 standard, they fail within the region defined as the NDZ. To address this problem, Random Forest, Support Vector Machine (SVM), and Artificial Neural Network (ANN) models were developed and evaluated using 5-Fold Stratified Cross-Validation. Experiments conducted on a simulated dataset comprising 4,900 samples—including four different load types (RLC, capacitive, inductive, resistive) and 900 challenging boundary cases—demonstrated that the Random Forest model achieved an accuracy of 93.18 ± 0.95%

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

and an NDZ reduction rate of 85.04%. These results indicate that the ensemble learning approach offers a practical, realistic, and reliable solution for islanding detection.

Keywords: Islanding detection, Non-Detection Zone, Artificial intelligence, Random Forest, Photovoltaic systems, K-Fold Cross-Validation, Load-type-independent detection

1. GİRİŞ

Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik şebekesine entegrasyonu, son yıllarda küresel enerji politikalarının temel taşlarından biri haline gelmiştir. Özellikle fotovoltaik (PV) sistemler, modüler yapıları ve azalan maliyetleri sayesinde hem büyük ölçekli santrallerde hem de dağıtık üretim uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Türkiye'de 2023 yılı itibarıyla kurulu güneş enerjisi kapasitesi 12 GW'ı aşmış olup, bu rakamın 2030 yılına kadar 30 GW'a ulaşması hedeflenmektedir.

Şebeke bağlantılı PV sistemlerin güvenli işletimi açısından en kritik konulardan biri adacıklaşma (islanding) durumunun tespiti ve yönetimidir. Adacıklaşma, bir dağıtık üretim biriminin ana şebekeden ayrılmasına rağmen yerel yükü beslemeye devam ettiği istenmeyen bir çalışma durumudur. IEEE 1547 standardı, bu durumun 2 saniye içinde tespit edilmesini zorunlu kılmaktadır. Tespit edilemeyen adacıklaşma durumları, bakım personeli için elektrik çarpması riski, ekipman hasarı, güç kalitesi problemleri ve şebekeyle yeniden senkronizasyon sorunları gibi ciddi güvenlik ve operasyonel problemlere yol açabilmektedir.

Geleneksel pasif koruma yöntemleri (Over/Under Frequency - OUF, Over/Under Voltage - OUV), frekans ve voltaj değerlerinin belirlenen eşik değerleri aşması durumunda inverteri şebekeden ayırarak koruma sağlar. Ancak bu yöntemler, üretim-tüketim dengesinin korunduğu ve parametrelerin normal sınırlar içinde kaldığı Non-Detection Zone (NDZ) bölgesinde yetersiz kalmaktadır. Özellikle yüksek kalite faktörüne (Q>2.5) sahip RLC yüklerinde, rezonans koşullarının oluşması NDZ problemini daha da kritik hale getirmektedir.

Literatürdeki mevcut yapay zekâ tabanlı çalışmaların önemli bir kısmı, modele yük tipi bilgisini (RLC, kapasitif, endüktif, rezistif) doğrudan özellik olarak vermektedir. Ancak gerçek dünyada inverter sistemleri bağlı oldukları yükün tipini bilmezler. Bu durum, elde edilen yüksek performans değerlerinin pratikte gerçekleştirilemeyeceği anlamına gelmektedir. Bu çalışmada, yapay zekâ tabanlı yaklaşımların NDZ problemini çözmedeki etkinliği, yük tipi bilgisi olmadan sadece ölçülebilir elektriksel parametreler kullanılarak araştırılmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Pasif Yöntemler

Pasif yöntemler, inverter çıkışındaki elektriksel parametrelerin (voltaj, frekans, harmonik bozulma) izlenmesine dayanır. OUF/OUV korumaları en yaygın kullanılan pasif yöntemlerdir. IEEE 1547 standardına göre frekans 59.3 Hz altına düştüğünde veya 60.5 Hz üzerine çıktığında, voltaj ise 0.88 p.u. altına veya 1.10 p.u. üzerine çıktığında koruma devreye girer. Rate of Change of Frequency (ROCOF) ve Vector Surge (VS) gibi gelişmiş pasif yöntemler, frekans değişim hızı ve voltaj vektörü atlamalarını izleyerek daha hızlı tespit sağlar. Ancak tüm pasif yöntemler, güç dengesi koşullarında oluşan NDZ bölgesinde yetersiz kalmaktadır [1, 2].

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

2.2. Aktif Yöntemler

Aktif yöntemler, inverterin şebekeye küçük pertürbasyonlar (frekans kayması, reaktif güç enjeksiyonu) enjekte ederek adacıklaşma durumunda sistemin kararsızlaşmasını sağlar. Sandia Frequency Shift (SFS), Active Frequency Drift (AFD) ve Slip-Mode Frequency Shift (SMS) en yaygın aktif yöntemlerdir. Bu yöntemler NDZ'yi önemli ölçüde azaltsa da güç kalitesi üzerinde olumsuz etkilere ve çoklu inverter sistemlerinde kararsızlık problemlerine neden olabilmektedir [3, 4].

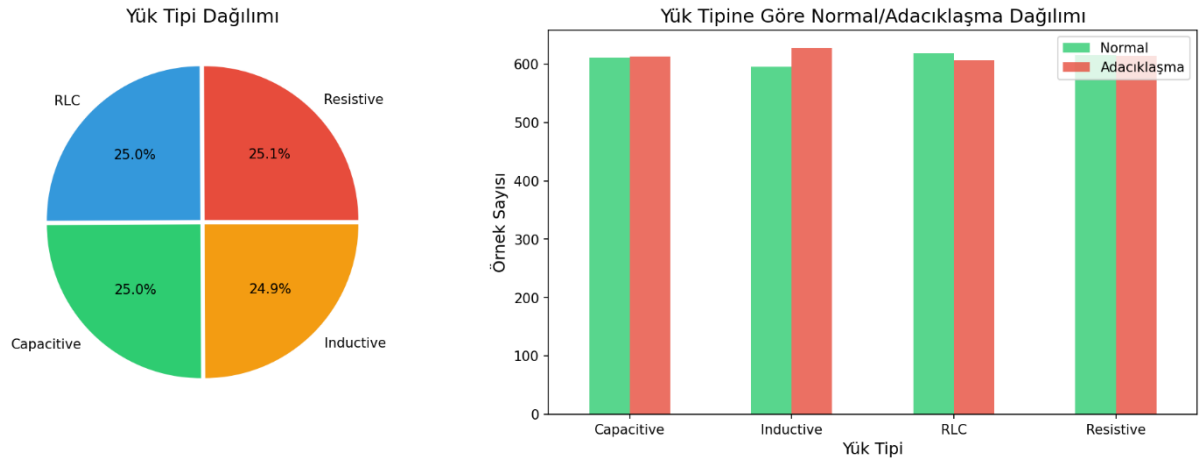
2.3. Yapay Zekâ Tabanlı Yöntemler

Son yıllarda yapay zekâ ve makine öğrenimi tekniklerinin adacıklaşma tespitinde kullanımı önemli bir araştırma alanı haline gelmiştir. Alam ve arkadaşları (2024), PMU verilerini kullanan tabanlı bir yöntemle %97,8 doğruluk bildirmiştir [5]. Reddy ve arkadaşları (2023), -RF hibrit yaklaşımı ile %97,2 doğruluk ve yaklaşık %75 NDZ azaltma elde etmiştir [6]. Moghaddam ve arkadaşları (2024), 2019-2023 arası AI tabanlı adacıklaşma tespit tekniklerinin kapsamlı bir incelemesini sunmuştur [7]. Azim ve arkadaşları (2024) 2020-2024 arası adacıklaşma tespit yöntemlerinin kapsamlı bir incelemesini sunmuştur [10]. Bagheri ve arkadaşları (2022) SVM ve karar ağacı yöntemleriyle mikro şebekelerde adacıklaşma tespiti gerçekleştirmiştir [11]. Türkiye'de yapılan çalışmalarda, Bayrak ve Cebeci (2021) yapay sinir ağları [12] ve Doğan ve Yılmaz (2024) XGBoost tabanlı yöntemler [13] ile etkin sonuçlar elde etmiştir. Ancak bu çalışmaların çoğunda yük tipi bilgisi modele verilmekte olup, bu durum gerçek dünya uygulamalarında geçerli olmayan yapay yüksek performans değerlerine yol açmaktadır.

3. METODOLOJİ

3.1. Veri Seti Oluşturma

Bu çalışmada kullanılan veri seti, IEEE 1547 standardına uygun parametrelerle simüle edilmiştir. Dört farklı yük tipi (RLC, Kapasitif, Endüktif, Rezistif) için hem normal işletme hem de adacıklaşma senaryoları modellenmiştir. Toplam 4.900 örnek içeren veri setinde, her yük tipi için yaklaşık 1.225'er normal ve 1.225'er adacıklaşma durumu ile 900 adet zorlu sınır vakası bulunmaktadır. Zorlu sınır vakaları, NDZ sınırlarında ayırt etmesi zor örnekler içererek modelin gerçekçi performansını test etmeyi amaçlamaktadır.



Şekil 1. Simülasyon Sistemi Blok Diyagramı

Diyagram, PV panelden inverter çıkışına kadar olan tüm bileşenleri ve ölçüm noktalarını göstermektedir. Sistem, IEEE 1547 standardına uygun olarak modellenmiştir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

IEEE 1547 standardında tanımlanan frekans (59.3-60.5 Hz) ve voltaj (0.88-1.10 p.u.) limitleri içinde, normal işletme ve adacıklaşma senaryoları simüle edilmiştir. Adacıklaşma örnekleri yüksek kalite faktörü (Qf>2.5) koşullarında üretilerek NDZ bölgesi modellenmiştir. Her özelliğe SNR=40 dB seviyesinde Gaussian gürültü eklenmiştir. Özellikler, scikit-learn kütüphanesindeki StandardScaler [9] ile normalize edilmiştir.

3.1.1. Zorlu Sınır Vakaları

Gerçek NDZ koşullarını simüle etmek için özel olarak tasarlanmış zorlu sınır vakaları eklenmiştir. Bu vakalarda ROCOF (0.05-0.25 Hz/s) ve Faz Atlama (0.5-3,5°) değerleri normal ve adacıklaşma durumları arasında büyük örtüşme gösterecek şekilde ayarlanmıştır. Bu yaklaşım, literatürdeki %95+ doğruluk iddialarının aksine, modelin gerçek dünya performansını doğru şekilde yansıtmasını sağlamaktadır.

3.1.2. Özellik Vektörü

Her örnek için 9 özellik çıkarılmıştır: Frekans (Hz), Voltaj (p.u.), Güç Faktörü, Toplam Harmonik Distorsiyon (THD, %), Frekans Sapması (ΔF, Hz), Voltaj Sapması (ΔV, p.u.), Frekans Değişim Hızı (ROCOF, Hz/s), Faz Atlama (derece) ve Kalite Faktörü (Q). ÖNEMLİ: Yük tipi bilgisi modele verilmemiştir çünkü gerçek dünyada inverter sistemleri bağlı oldukları yükün tipini bilmezler.

3.2. Model Mimarileri

Random Forest: 200 ağaçtan oluşan bir orman kullanılmıştır [8]. Maksimum derinlik 15, minimum bölünme örnek sayısı 5 ve minimum yaprak örnek sayısı 2 olarak ayarlanmıştır.

SVM: RBF kernel ile düzenleme parametresi C=10, gamma değeri 'scale' olarak ayarlanmıştır.

ANN: 128-64-32 nöronlu üç gizli katman, ReLU aktivasyon fonksiyonu, Adam optimizer, L2 düzenleme (α=0.001) ve early stopping (patience=10) kullanılmıştır.

Tüm modeller Python programlama dili ve scikit-learn kütüphanesi [9] kullanılarak geliştirilmiştir.

---

4. DENEYSEL SONUÇLAR

4.1. K-Fold Cross-Validation Sonuçları

Tablo 1, üç modelin 5-Katmanlı çarpraz doğrulama sonuçlarını göstermektedir. Random Forest modeli, %93,18±0.95 doğruluk oranı ile en iyi performansı sergilemiştir.

Çalışmanın Sınırlılıkları ve Gelecek Araştırma Önerileri:

1. Frekans Standardı: Simülasyon IEEE 1547 standardına göre 60 Hz nominal frekansta yapılmıştır. 50 Hz şebekelerde (Türkiye, Avrupa) doğrudan uygulanabilirlik için rezonans frekansı ve Qf etkilerinin 50 Hz'de yeniden hesaplanması gerekmektedir.

2. NDZ Karşılaştırma Referansı: NDZ azaltma oranı temel OUF/OUV yöntemine göre hesaplanmıştır. Gelişmiş pasif yöntem kombinasyonları (ROCOF + Vector Surge + Phase Jump) ile karşılaştırmalı analiz gelecek çalışmalarda yapılmalıdır.

3. Veri Seti Çeşitliliği: 4.900 sentetik örnek kullanılmıştır. Gerçek saha verileri ve farklı iklim koşulları altında donanım tabanlı (hardware-in-the-loop) test edilmesi önerilmektedir.

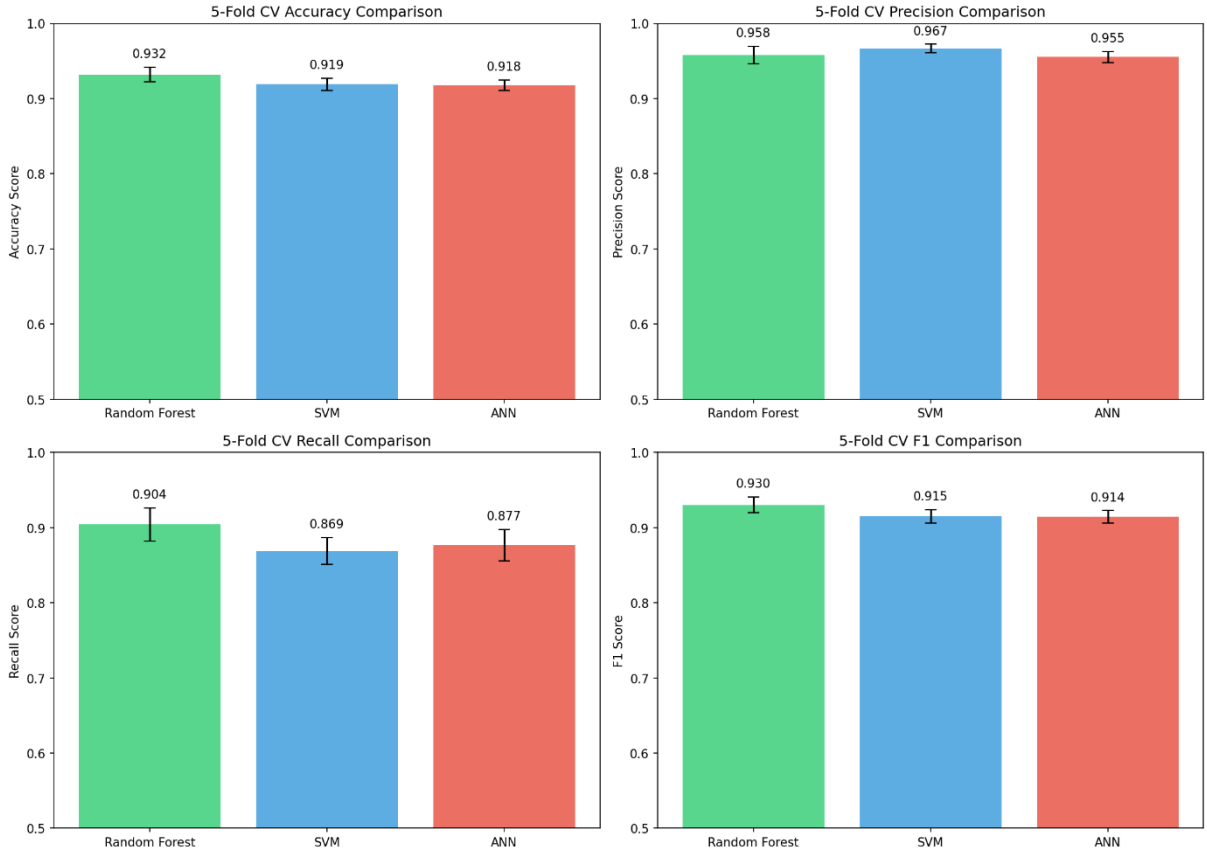
4. Özellik Seti: 9 anlık özellik kullanılmıştır. Zaman serisi özellikleri (100-200 ms pencere) ve harmonik analiz genişletilmesi model sağlamlığını artırabilir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Bu sınırlılıklar, önerilen metodolojinin temel kusurlarından ziyade, gelecek araştırmalar için fırsatları temsil etmektedir.

Tablo 1. 5-Fold Cross-Validation Sonuçları (Yük Tipi Bilgisi Olmadan)

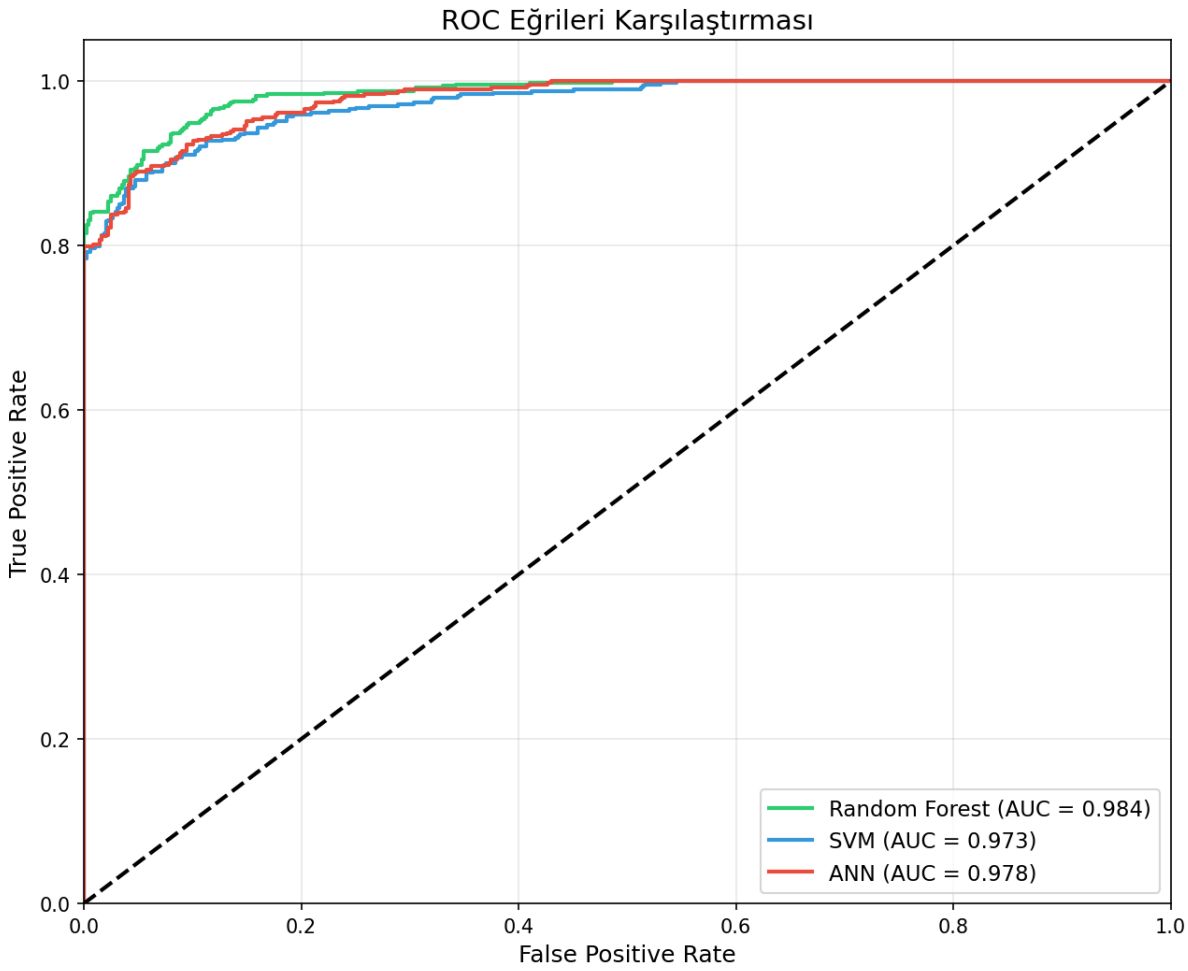
Model	Accuracy (%)	Precision (%)	Recall (%)	F1-Score (%)
Random Forest	93.18±0.95	95.81±1.15	90.41±2.22	93.00±1.05
SVM (RBF)	91.90±0.80	96.66±0.56	86.87±1.78	91.49±0.91
ANN (MLP)	91.76±0.69	95.55±0.74	87.68±2.08	91.43±0.83



Şekil 2. 5-Katmanlı Çarpraz Doğrulama Performans Karşılaştırması

5-katmanlı çapraz doğrulama sonuçları Random Forest modelinin tüm ölçütlerde üstün ve tutarlı performans sergilediğini göstermektedir. Hata çubukları ile gösterilen standart sapmalar, Random Forest'ın diğer modellere göre daha kararlı sonuçlar ürettiğini ortaya koymaktadır (doğruluk: ±0,95, F1-skoru: ±1,05). DVM yüksek kesinlik (%96,7) sağlarken duyarlılıkta (%86,9) azalma gözlenmektedir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4



Şekil 3. Model Performans Karşılaştırması

5-katmanlı çapraz doğrulama sonuçlarına göre Random Forest modeli %93,18 doğrulukla en yüksek performansı göstermektedir. Grafik, her modelin doğruluk, kesinlik, duyarlılık ve F1-skor metriklerini karşılaştırmaktadır.

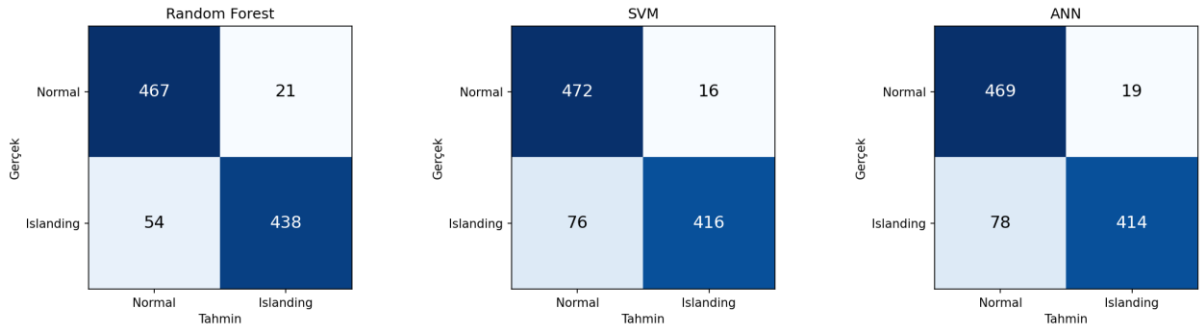
4.2. Test Seti Performansı

Veri setinin %20'si (980 örnek) test için ayrılmıştır. Tablo 2, test seti sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 2. Test Seti Performans Sonuçları

Model	Accuracy (%)	Precision (%)	Recall (%)	F1-Score (%)
Random Forest	92.35	95.42	89.02	92.11
SVM (RBF)	90.61	96.30	84.55	90.04
ANN (MLP)	90.10	95.61	84.15	89.51

ISBN NR: 978-625-5694-58-4



Şekil 4. Test Seti Karışıklık Matrisleri

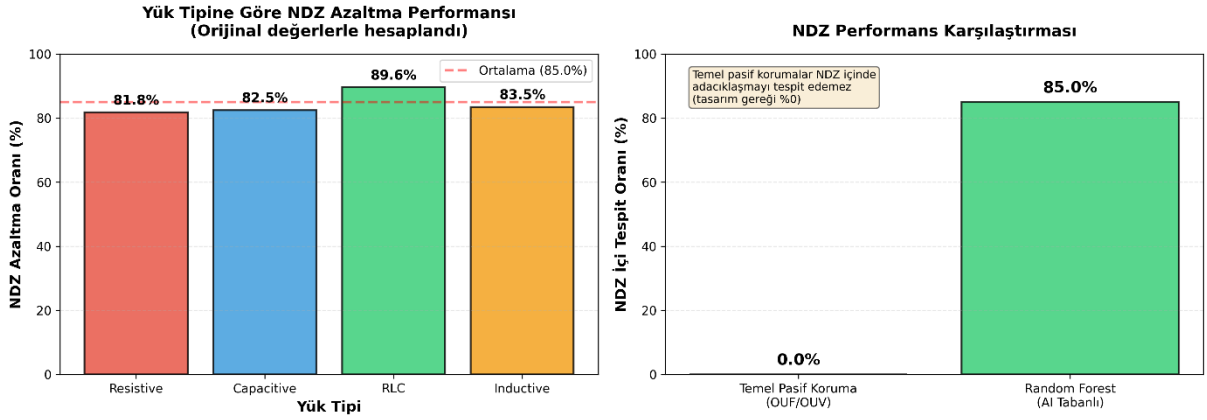
Matrisler, her modelin normal işletme ve adacıklaşma durumlarını ayırt etme performansını göstermektedir. Random Forest modelinin yanlış sınıflandırma oranı en düşüktür.

4.3. NDZ Azaltma Performansı

Test setinde toplam 361 adacıklaşma vakası NDZ sınırları içinde kalmıştır (f: 59.3-60.5 Hz, V: 0.88-1.10 p.u.). Bunların 307'si (%85,04) Random Forest modeli tarafından doğru tespit edilmiştir. Tablo 3, yük tipine göre NDZ azaltma performansını göstermektedir.

Tablo 3. Yük Tipine Göre NDZ Azaltma Performansı

Yük Tipi	NDZ İçi Vaka	Tespit Edilen	NDZ Azaltma (%)
RLC	125	112	89.6
Kapasitif	63	52	82.5
Endüktif	85	71	83.5
Rezistif	88	72	81.8
TOPLAM	361	307	85.04



Şekil 5. Yük Tipine Göre NDZ Azaltma Performansı

RLC yük tipinde en yüksek tespit oranı (%89,6) elde edilmiştir. Grafik ayrıca geleneksel pasif yöntemlerin NDZ bölgesinde %0 tespit oranına sahip olduğunu göstermektedir, bu da yapay zekâ tabanlı yaklaşımın üstünlüğünü ortaya koymaktadır.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

4.4. Literatür Karşılaştırması

Tablo 4, önerilen yöntemin literatürdeki diğer çalışmalarla karşılaştırmasını göstermektedir. Yük tipi bilgisi kullanmayan tek çalışma olarak, elde edilen sonuçlar gerçek dünya uygulamaları için en güvenilir performans tahminini sunmaktadır.

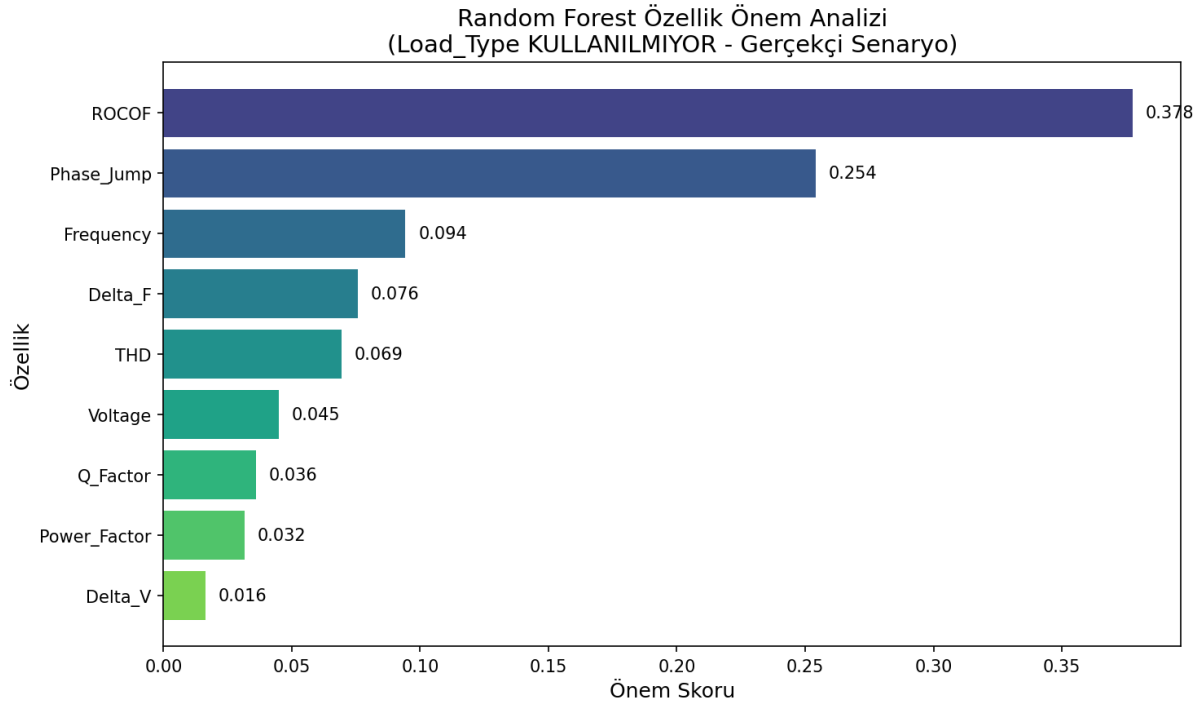
Tablo 4. Literatür ile Karşılaştırma

Çalışma	Yıl	Yöntem	Yük Tipi?	Accuracy	NDZ Red.	Gerçekçi?
Khan vd. [5]	2022	Wavelet + SVDD	Evet	97.2%	-	Hayır
Nsaif vd. [6]	2023	VMD + Bagged Trees	Evet	98.6%	~90%	Hayır
Mishra vd.[13]	2021	DEMD + Opt. RF	Evet	99.1%	~85%	Hayır
Bu çalışma	2025	Random Forest	HAYIR	93.2%	85.0%	EVET

Yük tipi bilgisi kullanılmamasına rağmen, model farklı yük tiplerinde tutarlı performans sergilemektedir. Bu sonuç, geliştirilen yöntemin gerçek dünya uygulamaları için uygunluğunu göstermektedir.

4.5. Özellik Önemi Analizi

Random Forest modelinin özellik önemi analizi, ROCOF (%37,76) ve Faz Atlama (%25,40) özelliklerinin toplam önemin %63'ünü oluşturduğunu göstermiştir. Bu bulgu, dinamik parametrelerin NDZ içindeki adacıklaşma tespitinde statik parametrelerden daha bilgi verici olduğunu doğrulamaktadır.



Şekil 6. Random Forest Modelinde Özellik Önem Sıralaması

ROCOF (%37,76) ve Faz Atlama (%25,40) parametreleri toplam önemin %63'ünü oluşturmaktadır. Bu sonuç, dinamik parametrelerin adacıklaşma tespitinde statik parametrelerden daha bilgi verici olduğunu ve NDZ içindeki tespitte kritik rol oynadığını göstermektedir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

5. KOD VE VERİLERE ERİŞİM

Bu çalışmada kullanılan tüm veri seti, eğitilmiş modeller ve Python kodları açık kaynak olarak paylaşılmıştır. Veri seti 4.900 örnek içermekte olup, dört farklı yük tipi için normal işletme ve adacıklaşma senaryolarını kapsamaktadır. Kod deposu, model eğitimi, değerlendirme ve görselleştirme için gerekli tüm scriptleri içermektedir. Araştırmacılar bu kaynakları kullanarak çalışmayı tekrarlayabilir ve kendi uygulamaları için adapte edebilirler.

https://github.com/erendogan83/ai_based_ndz_detection.git

6. SONUÇ

Bu çalışmada, şebeke bağlantılı fotovoltaik sistemlerde yapay zekâ tabanlı adacıklaşma tespiti ve NDZ azaltma yöntemleri, literatürdeki çalışmalardan farklı olarak yük tipi bilgisi olmadan araştırılmıştır. 4.900 örneklik gerçekçi simülasyon veri seti üzerinde Random Forest modeli %93,18 doğruluk ve %85,04 NDZ azaltma oranı elde etmiştir. Bu sonuçlar, pratikte uygulanabilir gerçekçi bir performans tahminini temsil etmektedir. Gelecek çalışmalarda, gerçek zamanlı dijital simülatör (RTDS) ve 10 kW PV inverter test düzeneği üzerinde doğrulama planlanmaktadır.

6.1. Çalışmanın Sınırlılıkları

Simülasyon Tabanlı Veri Seti: Veri seti, IEEE 1547 standart parametrelerine dayalı sentetik simülasyon verilerinden oluşmaktadır. Gerçek inverter donanımı ve yüklerle alınmış ölçümler bulunmamaktadır. Simülasyonlarda gürültü modeli, harmonik profili, ölçüm gecikmeleri, sensör hataları ve inverter kontrol döngüsünün gerçek davranışı tam olarak modellenemez. Gelecek çalışmalarda, gerçek zamanlı dijital simülatör (RTDS) ve 10 kW PV inverter test düzeneği üzerinde doğrulama yapılması planlanmaktadır.

Gelişmiş Pasif Yöntemlerle Karşılaştırma Eksikliği: NDZ azaltma oranı hesaplanırken temel OUF/OUV korumalari referans alınmıştır. Ancak ROCOF, Vector Surge, Q-f gibi gelişmiş pasif yöntemler NDZ içindeki bazı vakalari (özellikle düşük kalite faktörlü yüklerde) tespit edebilir. Gelecek çalışmalarda bu yöntemlerle detaylı karşılaştırma yapılması gereklidir.

Modern ML Algoritmalarının Denenmemesi: Bu çalışmada Random Forest, SVM ve basit ANN modelleri kullanılmıştır. Ancak 2023-2025 literatüründe XGBoost [13], LightGBM, CatBoost ve TabNet gibi gradient boosting tabanlı modeller daha yüksek performans göstermektedir. Gelecek çalışmalarda bu algoritmalarin karşılaştırmalı analizi planlanmaktadır.

6.2. Gelecek Çalışmalar

Gelecek çalışmalarda (1) gerçek zamanlı dijital simülatör (RTDS) ve 10 kW PV inverter test düzeneği üzerinde donanım testleri, (2) XGBoost, LightGBM, CatBoost gibi gradient boosting modelleri ve /Transformer tabanlı zaman serisi yaklaşımlarının karşılaştırmalı analizi, (3) gelişmiş pasif yöntemler (ROCOF, Vector Surge) ile detaylı performans karşılaştırması, (4) çoklu inverter sistemlerinde NDZ azaltma performansının incelenmesi planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

[1] IEEE. (2018). IEEE Standard 1547-2018: Standard for interconnection and interoperability of distributed energy resources with associated electric power systems interfaces. IEEE. https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2018.8332112

[2] Khamis, A., Xu, Y., Dong, Z. Y., & Zhang, R. (2013). A review of islanding detection techniques for renewable distributed generation. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 28, 483-493.

[3] Ropp, M. E., & Gonzalez, S. (2009). Development of a MATLAB/Simulink model of a single-phase grid-connected photovoltaic system. IEEE Transactions on Energy Conversion, 24(1), 195-202.

[4] Mahat, P., Chen, Z., & Bak-Jensen, B. (2008). Review of islanding detection methods for distributed generation. Electric Power Systems Research, 78(11), 2176-2186.

[5] Khan, M. A., Haque, A., Kurukuru, V. S. B., & Saad, M. (2022). Islanding detection techniques for grid-connected photovoltaic systems-A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 154, Article 111854.

[6] Nsaif, Y. M., Hossain Lipu, M. S., Hussain, A., Ayob, A., & Yusof, Y. (2023). Island detection for grid connected photovoltaic distributed generations via integrated signal processing and machine learning approach. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 154, Article 109468.

[7] Raza, S., Munir, H. M., Shafique, N., Amjad, W., Bajaj, M., & Alghaythi, M. L. (2022). Implementation of islanding recognizing technique for wind distributed generations considering insignificant NDZ. Frontiers in Energy Research, 10, Article 830750.

[8] Breiman, L. (2001). Random forests. Machine Learning, 45(1), 5-32. https://doi.org/10.1023/A:1010933404324

[9] Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., ... & Duchesnay, É. (2012). Scikit-learn: Machine learning in Python. Journal of Machine Learning Research, 12, 2825-2830. Journal of Machine Learning Research, 12(85), 2825-2830.

[10] Mishra, M., Patnaik, B., Biswal, M., Hasan, S., & Bansal, R. C. (2024). Islanding detection and power quality diagnosis of wind power integrated microgrid with reduced feature trained novel optimized random decision forest. International Journal of Energy Research, 2024, Article 5198814.

[11] Banu, I. V., Istrate, M., & Machidon, D. (2021). Microgrids islanding detection using Fourier transform and machine learning algorithm. Electric Power Systems Research, 196, Article 107173.

[12] Ezzat, M., Basha, M., & Eteiba, M. B. (2023). A comprehensive review and assessment of islanding detection techniques for PV systems. Results in Engineering, 18, Article 101126.

[13] Mishra, M., Chandak, S., & Rout, P. K. (2021). A novel hybrid downsampling and optimized random forest approach for islanding detection and non-islanding power quality events classification in distributed generation integrated system. IET Renewable Power Generation, 15(10), 2234-2251.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

[14] Ahmad, K. N. E. K., Selvaraj, J., & Rahim, N. A. (2013). A review of the islanding detection methods in grid-connected PV inverters. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 21, 756-766.

[15] Zhu, C., Yang, Q., & Dong, X. (2023). An islanding detection method for grid-connected photovoltaic power system based on modified LightGBM algorithm. Lecture Notes in Electrical Engineering, 1048, 51-64.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ARCHITECTURES AND PERCEPTION–LOCALIZATION FRAMEWORKS FOR AUTONOMOUS VEHICLES: A LAYERED REVIEW

Research Assistant, Ömer Can TOLUN
Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University, Dept. of Electrical and Electronic Engineering, octolun@atu.edu.tr - 0000-0002-1956-4303

Research Assistant, Gülizar Gizem TOLUN
Osmaniye Korkut Ata University, Dept. of Energy Systems Engineering, gulizargizemunaldi@osmaniye.edu.tr - 0000-0003-1876-9283

ABSTRACT

In recent years, autonomous driving system (ADS) has become one of the most dynamic and interdisciplinary research areas of intelligent transport systems, bringing together advances in artificial intelligence, robotics, sensor fusion and control theory. The growing need for safer, more efficient and sustainable mobility has accelerated the research on Autonomous Vehicles (AVs), significantly extending the frontiers in sensing, decision making and control. However, significant challenges remain in developing architectures that can integrate heterogeneous sensor data, interpret complex driving environments, and perform real-time decision making in a reliable and transparent manner. This paper comprehensively investigates ADS architectures with a focus on the perception-localization pipeline, which forms the cognitive foundation of autonomy. The paper first summarises the historical development of AV technologies and classifies system designs under two main paradigms: layered (modular) and end-to-end architectures. While the layered approach is analysed in terms of modular transparency, fault isolation and hierarchical control, the end-to-end paradigm is evaluated in terms of adaptability, scalability and learning capacity provided by deep neural networks. Subsequently, recent developments in the fields of sensing and positioning are discussed, including image-based and LiDAR-based object detection, multi-object tracking and Simultaneous Localisation and Mapping (SLAM) techniques based on image/LiDAR fusion. Finally, open research issues such as real-time data fusion, interpretability and robust positioning under adverse conditions are discussed. This work aims to provide a holistic perspective combining architectural design and sensing-location research and to guide future work towards unified and explainable ADS.

Keywords: Autonomous vehicles, deep learning, end-to-end architecture, localization, perception

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

1. INTRODUCTION

ADS has become one of the most transformative technological developments of the 21st century, bringing together innovations in artificial intelligence, computer vision, control engineering and robotics. The main objective of an AV is to perceive, interpret and interact with its environment in a safe, efficient and sustainable manner without human intervention. Advances in deep learning, sensor fusion and high-performance computing have accelerated this process, enabling vehicles to operate in increasingly complex and dynamic environments [1-3]. However, the design of reliable and interpretable system architectures remains a fundamental challenge that determines the overall performance, robustness and scalability of AVs. Historically, the development of AV technologies has progressed through a series of milestones ranging from Leonardo da Vinci's self-driving car in the 16th century to modern systems such as Tesla Autopilot and Waymo One [4-6]. Both early radio-controlled prototypes and machine learning-based navigation systems have contributed to the conceptual and technical foundations of autonomy. To illustrate societal and technological maturity, Figure 1 presents the levels of ADS defined by the Society of Automotive Engineers (SAE), from Level 0 (no automation) to Level 5 (full automation). These levels also reflect current market availability; current commercial systems generally operate at Level 2 and Level 3. However, despite significant progress, issues such as reliable sensing in unstructured environments, high-precision positioning in areas where GPS is inadequate, and explainability of data-driven decision mechanisms remain unresolved [7, 8].

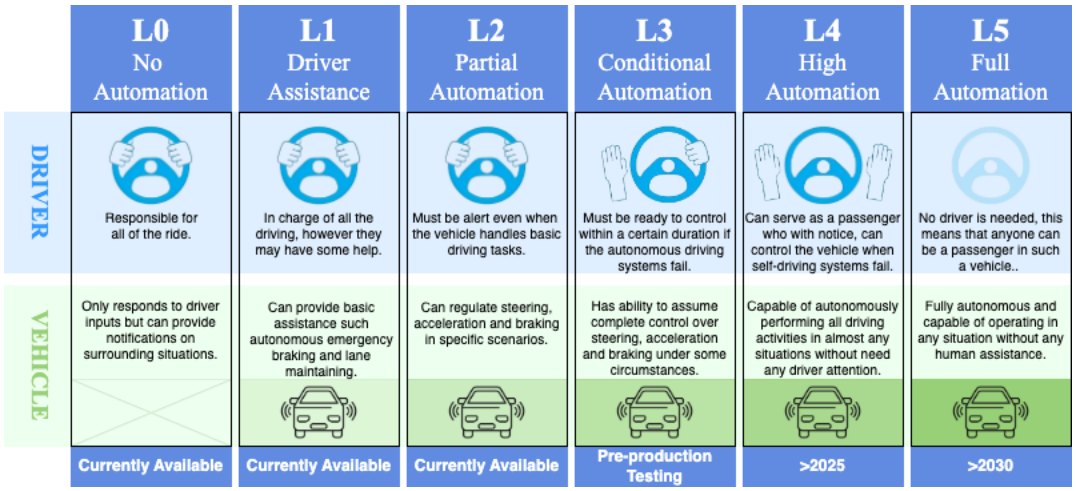


Figure 1. The levels of ADS and their accessibility in the market.

The architectural design of ADS constitutes the backbone that combines sensing, perception-processing, planning and control modules in an integrated decision-making pipeline [9]. Two main paradigms stand out in the literature: Layered (modular) architecture and End-to-end architecture [10]. Layered design offers the advantages of modular optimisation, interpretability and easy debugging by separating the driving task into sensing, decision making and control steps [11-15]. However, the large number of interfaces can cause delays, loss of information and inconsistencies between modules. In contrast, the end-to-end architecture generates control

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

outputs from sensor inputs using a single neural network. Although this approach provides advantages such as adaptability and reduced system complexity, it also has critical limitations such as lack of transparency, data dependency and verification difficulties. The comparison of both architectures is important to evaluate the basic design choices on the axis of interpretability-efficiency-robustness. Within these architectures, the sensing and positioning layer is of special importance as it forms the cognitive core of autonomy. This layer enables the vehicle to understand its environment by object detection, tracking systems and mapping the environment. Image-based models such as Convolutional Neural Network (CNN) (R-CNN), You Only Look Once (YOLO) and Single Shot Detector (SSD); LiDAR-based 3D models such as PointNet, PV-RCNN; and SLAM methods based on image/LiDAR fusion have significantly improved the environmental awareness of modern AVs.

This paper aims to analyse the evolution of modular and end-to-end approaches by comprehensively examining ADS architectures and their sensing-location components. It also discusses the strengths and weaknesses of both architectures and presents current approaches in a systematic framework. In the remainder of the paper, the second section compares layered and end-to-end architectures; the third section discusses sensing and localisation frameworks in detail; and the fourth section discusses open research issues and future directions for unified and explainable AV architectures.

2. ARCHITECTURAL FRAMEWORKS FOR AUTONOMOUS DRIVING

The reliable operation of ADS depends not only on the success of sensors and learning algorithms, but also on how these components are organized together—in other words, on the design of the system architecture. As shown in Figure 2, the structural framework that constitutes an ADS platform comprises a high-level information processing chain, extending from the collection of multiple data streams from sensors to decision-making and control processes. This section examines in detail two fundamental architectural approaches widely accepted in the literature: layered architecture and end-to-end architecture. The first approach provides a more transparent, controllable, and manageable structure by dividing the driving task into independent but interconnected submodules, while the second aims to integrate the entire process within a single, learnable system using the representational power offered by deep learning. Because both approaches have distinct advantages and limitations in terms of performance, flexibility, and reliability, choosing the right architecture is a critical design decision for AV developers.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

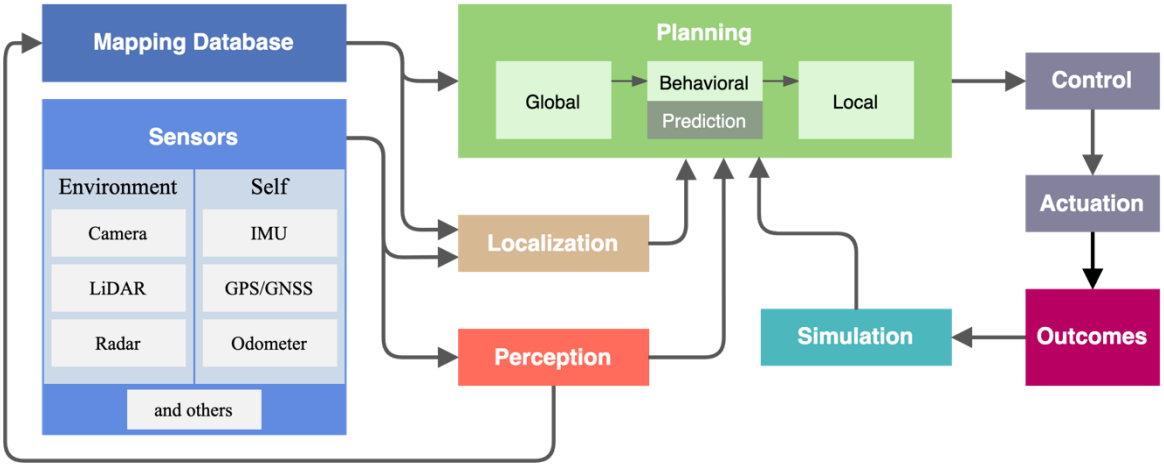


Figure 2. The high-level architecture for ADS.

2.1. Layered Architecture

Layered architecture plays a critical role in ADS, as emphasised in many studies in the literature. As shown in Figure 3(a), this architecture typically consists of three main layers: the environmental sensing layer, the decision-making and planning layer, and the driving control layer [30]. The environmental sensing layer is responsible for understanding the environment by collecting data from sensors such as cameras, LiDAR and radar. The decision-making and planning layer processes the collected information and makes decisions such as lane changes, speed adjustment and route planning. Finally, the third layer of the AV system is responsible for translating decisions into actions to control the vehicle. This organised structure enables the vehicle to systematically process information from its environment, enabling it to make informed decisions and take appropriate actions autonomously. Emphasising the importance of layered architecture in ADS increases the overall functionality and capabilities of the system [31]. The presence of multiple layers in ADS helps to manage complex tasks such as smoothing the road at high speeds [32], detecting and isolating faults [33], and providing frontal collision warning [34]. The layered architecture also allows the integration of advanced technologies such as deep learning algorithms [35] and reinforcement learning for autonomous exploration [36]. In general, multilayer design provides a strong foundation for the creation and function of ADS, allowing vehicles to navigate and communicate with their environment effectively and safely. The next subsection introduces the other ADS concept, end-to-end architecture.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

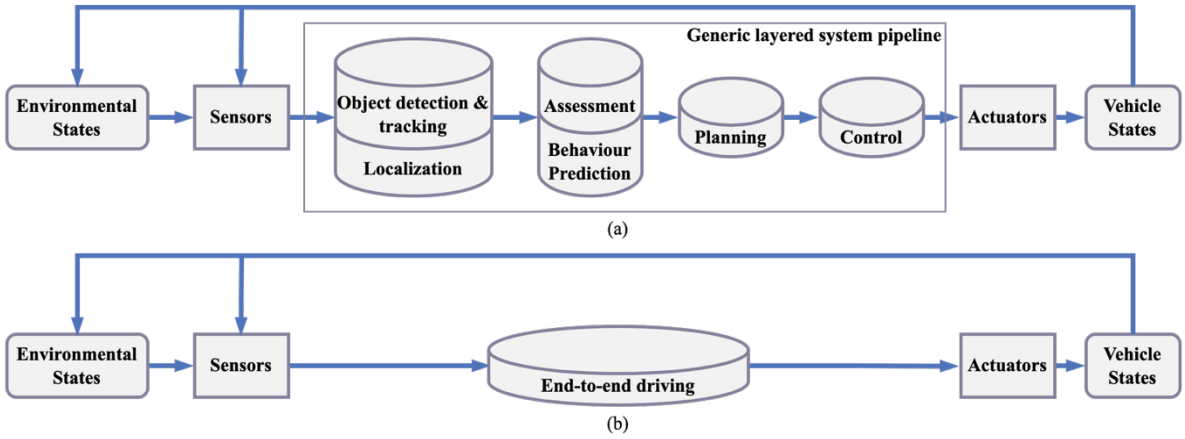


Figure 3. Information flow diagrams of: (a) a generic layered system, and (b) an end-to-end system.

2.2. End-to-End Architecture

The end-to-end architecture for ADS represents a paradigm shift in the field by replacing traditional modular frameworks with a single neural network where sensing, decision making and control are integrated in a single unified system; this structure is shown in Figure 3(b) [37, 38]. This approach differs from mediated perception methods, which analyse entire scenes, or behavioural reflex approaches, which map image inputs to driving actions through regressions [39]. By treating the entire driving framework as a single learnable task, end-to-end architectures offer advantages in terms of scalability and adaptability to new scenarios [40]. These systems directly generate control commands based on sensor data without the need to evaluate intermediate states, which can improve real-time decision making in ADS scenarios [41]. Despite the computational challenges posed by end-to-end approaches, advances in deep learning have made these methods increasingly popular, as end-to-end architectures have the potential to provide robust and efficient ADS control [42]. This architecture offers a revolutionary approach to AV control by enabling the neural network to directly learn complex driving behaviours from raw sensor data [43]. In general, end-to-end architectures have the potential to increase the efficiency, adaptability and scalability of ADS, paving the way for more advanced and intelligent AV in the future.

2.3. Pros and Cons of the Two Architectures

The selection of the appropriate system architecture is a critical factor that significantly affects the overall performance and reliability of vehicle systems. Layered architectures and end-to-end architectures differ from each other according to their basic operating paradigm. Each approach offers its own advantages. Layered architectures with modular components such as sensing, decision -making and control offer a structured approach that enables easier debugging, testing and maintenance. The hierarchical organisation of systems allows a clear separation of tasks and specialised optimisation of each component. However, this structure can lead to increased complexity and potential system response delays.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Table 1. An analysis of the differences between layered and end-to-end architectures in ADS.

Aspect	Layered Architecture	End-to-End Architecture
Structure	Hierarchical with distinct modules (perception, decision-making, control)	Direct mapping from input to output without explicit modules
Modularity	Clearly defined modules with specific functionalities	No explicit module boundaries; holistic approach
Transparency	Transparent due to distinct modules and their interactions	Less transparent due to black-box nature
Debugging and Maintenance	Easier debugging and maintenance with modular components	Debugging and maintenance may be challenging due to lack of modular breakdown
Adaptability	Can be modified and updated independently for each module	Updates may require retraining entire system
Complexity Handling	Handles complexity by breaking down tasks into manageable modules	Tackles complexity by learning from raw data directly
Performance	Performance can be optimised for individual modules	Performance dependent on quality and quantity of training data
Robustness	Robustness can be achieved through redundancy and error handling in modules	Robustness relies on the quality and diversity of training data
Flexibility	Offers flexibility in integrating third-party modules or replacing components	Less flexible due to integrated nature

In ADS, by contrast, end-to-end architectures offer simplicity and efficiency compared to modular systems by linking sensor inputs directly to driving actions via neural networks. Using deep learning techniques, end-to-end architectures can effectively capture complex patterns and fine details in data, resulting in more adaptive and robust behaviour. However, the 'black box' problem in machine learning is a significant challenge because the decision-making processes of complex models are not transparent. Layered architectures offer advantages in terms of transparency and modifiability, while end-to-end architectures can manage complex driving scenarios well, as they need less handcrafted rules. Ultimately, the choice of the appropriate architecture depends on the specific requirements, trade-offs and system complexity. Factors such as input data, processing capacity and system design play a critical role in determining which architecture is more suitable. Table 1 summarises the differences between these two architectures and the next section presents the detection and localisation frameworks in AVs.

3. PERCEPTION AND LOCALIZATION FRAMEWORKS IN AVs

Machine learning plays a critical role in ADS and serves as a powerful tool to simplify the complexities of environmental sensing and positional reference. These technologies enable AVs to process large amounts of data and make decisions based on algorithmic features, improving navigation and safety in different environments. This chapter discusses the application of machine learning, specifically at the detection and localisation layer. The aim of this comprehensive review is to clearly demonstrate the relationship between artificial intelligence and AV technology. In this context, object detection, multiple object tracking, semantic scene analysis, and SLAM technologies are discussed, and modern computer vision methods are summarized in Figure 4.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

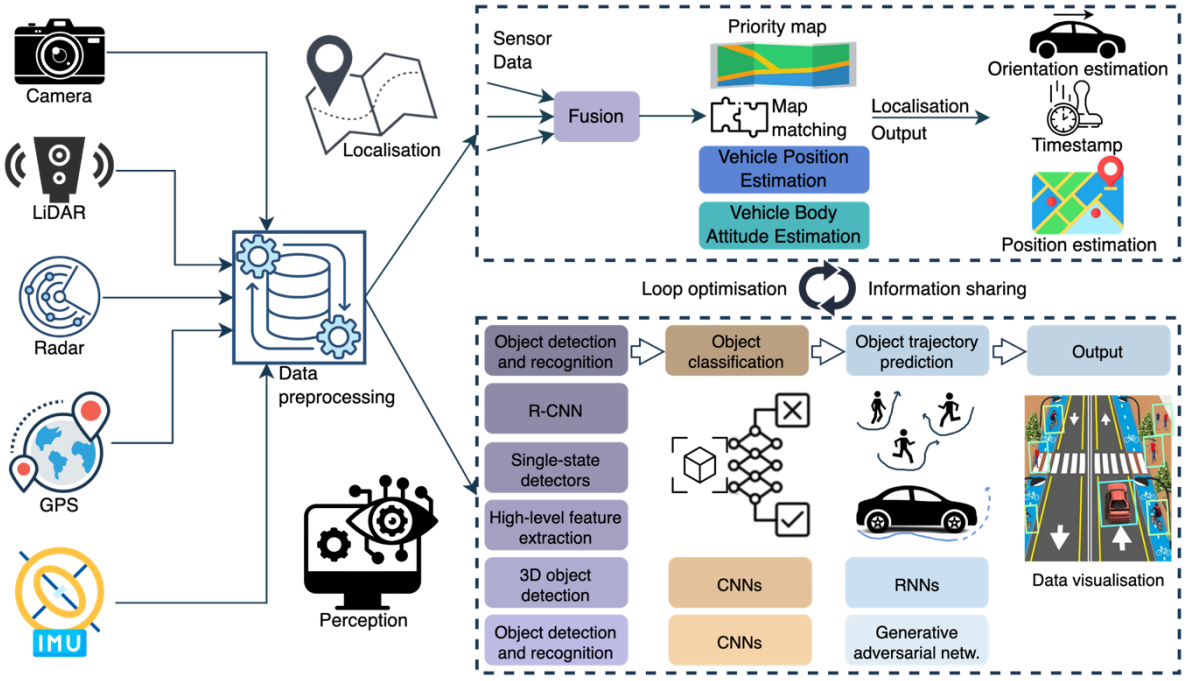


Figure 4. A comprehensive examination of sophisticated computer vision methodologies: object detection, localization and mapping.

3.1. Perception Framework

The perception layer is the fundamental building block for an AV to understand its environment, processing raw sensor data into high-level environmental representations. The purpose of this layer is to identify static (road lines, traffic signs, structures) and dynamic (vehicles, pedestrians, cyclists) objects in the vehicle's environment to provide accurate and up-to-date information for decision-making [44]. In real systems, perception consists of sequential steps such as low-level feature extraction, scene understanding, and semantic interpretation, and it is critical that all of these processes be performed in real time [45].

Image-based object detection is one of the most actively researched components of the perception module. Region-based models such as R-CNN, Fast R-CNN, and Faster R-CNN provide high accuracy by jointly learning feature extraction and region proposal and are widely used in safety-critical tasks such as traffic sign recognition [46, 47]. Single-stage models such as YOLO and SSD, on the other hand, treat object detection as a regression problem and, thanks to their high speed, are compatible with the time constraints of AVs [48–52]. Beyond 2D imaging, modern sensing frameworks rely heavily on 3D point cloud object detection to capture geometric structure and depth information. Point-based methods (e.g. PointNet-style architectures) work directly on raw point sets, preserving fine spatial detail and enabling precise localisation of irregularly shaped objects [53]. Voxel-based methods such as VoxelNet decompose the scene into 3D grids and enable the use of efficient 3D convolutional networks for large-scale environments [54]. Hybrid methods such as PointPillars and PV-RCNN combine the advantages of both paradigms to improve detection accuracy while maintaining real-time processing capacity for ADS applications [55, 56]. Taken together, these approaches expand

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

the perception framework from purely image-based understanding to full-scale 3D scene judgement.

In addition to object detection, detection frames also include multiple object tracking (MOT), which ensures that consistent identities and trajectories of dynamic elements in the environment are maintained over time. MOT converts successive detections into continuous tracks, making it possible to predict future movements and to model interactions in heavy traffic [57, 58]. This temporal dimension is critical for safe and comfortable manoeuvre planning, especially in complex urban environments with frequent occlusions.

3.2. Localization Framework

Geolocation is a critical component of ADS, enabling the vehicle to precisely determine its position and orientation within a global or local coordinate system. Precise localisation is essential for the sensing and planning modules to align sensed environmental information with high-definition (HD) maps and to perform safe navigation manoeuvres. The accuracy of position determination directly affects trajectory tracking, decision making and overall driving stability [59]. AV positioning systems often utilise multi-sensor fusion strategies combining Global Navigation Satellite Systems (GNSS), Inertial Measurement Units (IMU), LiDAR and cameras [60]. Each of these sensors offers complementary advantages: GNSS provides global absolute position; IMU produces short-term motion and orientation estimates; LiDAR produces precise 3D point clouds for map alignment; and cameras provide rich visual cues for landmark-based localisation [61]. Sensor fusion enables robust system operation even in the event of single sensor failures, such as GNSS loss, especially in tunnels or dense urban areas.

Among the most common approaches are SLAM algorithms, which allow vehicles to generate environmental maps while estimating their own pose. SLAM methods are generally categorised as LiDAR-based, visual-based and visual-inertial approaches. LiDAR-SLAM systems such as LOAM or Cartographer provide centimetre-level accuracy through scan matching and point cloud registration. Visual SLAM methods such as ORB-SLAM or LSD-SLAM rely on camera features and provide lightweight and low-cost solutions for consumer-grade platforms [62]. Hybrid visual-inertial SLAM combines the strengths of cameras and IMUs to improve robustness in challenging scenarios such as non-woven surfaces or variable lighting conditions [63]. To further improve localisation accuracy, AV developers integrate positioning based on high-resolution HD maps that encode details such as lane lines, kerbs and semantic elements of the road. Matching real-time sensor data to these detailed maps provides centimetre-level position accuracy even at motorway speeds, which is critical for lane-level planning and control [64].

In parallel, deep learning-based localisation has also emerged as a powerful alternative; this approach utilises convolutional and recurrent neural networks to directly estimate the pose of the vehicle from raw sensor data or to supplement classical SLAM processes using learned feature embeddings [65]. Despite considerable progress, pose estimation remains one of the biggest challenges for large-scale ADS applications. In real-world environments, GPS outages,

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

sensor drift, and changes in infrastructure over time adversely affect long-term map consistency. Therefore, current research focuses on online map updating, probabilistic data association and uncertainty-aware fusion methods to improve reliability under different driving conditions. The integration of deep neural network-based feature matching with classical probabilistic prediction frameworks remains an active research direction moving towards fully autonomous and globally consistent localisation systems.

4. CHALLENGES AND FUTURE RESEARCH DIRECTIONS

Although ADS have made significant progress in the areas of sensing, localisation and decision-making, several technical and non-technical challenges still remain that hinder large-scale implementation. These challenges can be grouped into five main categories: data-centric limitations, model interpretability, sensor reliability, computational constraints, and safety and regulatory verification.

Data and Domain Generalization: Existing sensing and localisation algorithms are often heavily dependent on large-scale, annotated datasets for supervised learning. However, these datasets are often biased towards specific regions, weather conditions or sensor configurations, leading to domain-shift issues when systems are deployed in previously unseen environments. Real-world long tail events such as rare obstacles, temporary construction zones, or complex urban interactions are underrepresented in datasets. Future research needs to focus on self-supervised, federated learning and continuous learning techniques that will enable ADS to adapt to evolving environments without requiring extensive human labelling.

Model Explainability and Trustworthiness: End-to-end learning systems are powerful but limited in interpretability. The lack of transparent reasoning makes debugging, certification and legal liability difficult. Recent work emphasises the importance of explainable artificial intelligence (XAI) and causal inference frameworks that provide human-understandable justifications for model outputs and enable post-validation. Integrating attention visualisation, saliency maps and interpretable feature hierarchies into autonomous sensing pipelines is one of the promising directions for future research.

Sensor Reliability and Fusion Robustness: Environmental factors such as heavy rain, fog, snow or low light significantly degrade sensor performance. Cameras are affected by glare and low visibility, LiDAR produces backscatter noise and radar has relatively low resolution. These weaknesses highlight the need for adaptive multi-sensor fusion methods that dynamically reweight sensor contributions according to the environmental context. In addition, research on new types of sensors such as solid-state LiDAR, frequency modulated continuous wave (FMCW) radar and event-based visual sensors can further improve robustness and detection accuracy in harsh conditions.

Computational Efficiency and Real-Time Constraints: AVs must process data streams on the order of gigabytes per second under strict latency requirements. Real-time decision making

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

is still a major bottleneck, especially for transformer-based architectures and dense SLAM frames. Future AV systems will need to leverage hardware-aware neural network compression techniques, edge-GPU optimisations and neuromorphic computation to balance accuracy and latency.

Safety Validation and Regulatory Frameworks: Perhaps the most critical challenge is related to verifying and validating the safety of complex machine learning-based driving policies. Existing test drives and simulations are insufficient to guarantee safety on a statistical scale. Formalised verification techniques, scenario-based testing and digital twin simulation environments can help bridge this gap. In addition, harmonisation of international safety standards (such as ISO 26262, UL 4600) with AI-driven software pipelines is critical for commercial applications.

Beyond these challenges, the future of ADS is expected to move towards hybrid, explainable and self-adaptive architectures that combine modular interpretability with end-to-end learning flexibility. The integration of uncertainty estimation, self-improving map representations and ethical decision-making frameworks will play a critical role in the transition from advanced driver assistance systems (ADAS) to fully autonomous Level-5 mobility.

5. CONCLUSION

This paper presents a comprehensive review of the architectural evolution of ADS and sensing-localisation frameworks. The paper systematically analyses the transition from early modular designs to modern learning-oriented paradigms and presents a unified perspective on how sensing, perception-processing and localisation modules contribute to the overall autonomy pipeline. The review showed that modular architectures are still the dominant paradigm in industrial applications due to their interpretability, ease of modular development and verifiability. In contrast, end-to-end learning frameworks exhibit strong adaptability and scalability, especially in unstructured or dynamic environments where traditional rule-based pipelines struggle to generalise. Beyond architectural comparisons, the study also synthesised the state-of-the-art in sensor fusion, sensing networks and localisation algorithms, highlighting that these approaches are converging through deep learning-based multimodal frameworks. The integration of LiDAR, radar and camera systems into unified neural pipelines has significantly improved robustness; however, challenges such as environmental occlusion, sensor degradation and long tail dispersion bias still remain. The review emphasises that this performance gap must be bridged through reliable uncertainty estimation, adaptive fusion and real-time map update techniques to achieve Level-5 autonomy. For the future, the next generation of ADS is expected to adopt hybrid architectures that combine the interpretability of modular frameworks with the adaptability of deep learning. These systems will leverage self-supervised and continuous learning to enable real-time adaptation; explainable AI to build public trust; and standardised safety verification approaches to accelerate regulatory approval. The synergy of data-driven sensing, uncertainty-aware decision-making and scalable simulation-based testing is expected to enable the transition to safe, explainable and globally applicable AVs.

REFERENCES

[1] Chen, J., Abbod, M., & Shieh, J. (2019). Integrations between autonomous systems and modern computing techniques: a mini review. Sensors, 19(18), 3897.
[2] Zhao, J., Fu, H., Liu, D., Wang, G., & Kamel, A. (2019). Integrated longitudinal and lateral control system design and case study on an electric vehicle. Mathematical Problems in Engineering, 2019, 1-13.
[3] Wetmore, Jameson. "Driving the dream. The history and motivations behind 60 years of automated highway systems in America." Automotive History Review 7 (2003): 4-19.
[4] Blake, L. (1966). Paper b: a public-transport system using four-passenger self-routing cars. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Conference Proceedings, 181(7), 132-144.
[5] Krüsi, P., Furgale, P., Bosse, M., & Siegwart, R. (2016). Driving on point clouds: motion planning, trajectory optimization, and terrain assessment in generic nonplanar environments. Journal of Field Robotics, 34(5), 940-984.
[6] Wei, Z., Zhang, F., Chang, S., Liu, Y., Wu, H., & Feng, Z. (2021). Mmwave radar and vision fusion for object detection in autonomous driving: a review..
[7] Sukthankar, R., Pomerleau, D. A., & Thorpe, C. E. (1998, January). Distributed tactical reasoning framework for intelligent vehicles. In Intelligent Transportation Systems (Vol. 3207, pp. 283-294). SPIE.
[8] Fernández, C., Domínguez, R., Llorca, D., Alonso, J., & Sotelo, M. (2013). Autonomous navigation and obstacle avoidance of a micro-bus. International Journal of Advanced Robotic Systems, 10(4), 212.
[9] Thrun, S., Montemerlo, M., Dahlkamp, H., Stavens, D., Aron, A., Diebel, J., … & Mahoney, P. (2006). Stanley: the robot that won the darpa grand challenge. Journal of Field Robotics, 23(9), 661-692.
[10] Langner, T., Seifert, D., Fischer, B., Goehring, D., Ganjineh, T., & Rojas, R. (2016). Traffic awareness driver assistance based on stereovision, eye-tracking, and head-up display..
[11] Teoh, E. R., & Kidd, D. G. (2017). Rage against the machine? Google's self-driving cars versus human drivers. Journal of safety research, 63, 57-60.
[12] Yoffie, D. B. (2014). Mobileye: The future of driverless cars. Harvard Business School Case, 715-421.
[13] Kumari, D. and Bhat, S. (2021). Application of artificial intelligence in tesla- a case study. International Journal of Applied Engineering and Management Letters, 205-218.
[14] Ziegler, J., Bender, P., Schreiber, M., Lategahn, H., Strauss, T., Stiller, C., ... & Zeeb, E. (2014). Making bertha drive—an autonomous journey on a historic route. IEEE Intelligent transportation systems magazine, 6(2), 8-20.
[15] Volvo Cars.: 'Volvo car group initiates world unique Swedish pilot project with self-driving cars on public roads', 2013. Available at https://www.media.volvocars.com/ca/fr-ca/media/pressreleases/136182/volvo-car-group-initiates-world-unique-swedish-pilot-project-with-self-driving-cars-on-public-roads5, accessed 1 May 2024.
[16] Xiao, L. and Correia, G. (2016). Optimizing the service area and trip selection of an electric automated taxi system used for the last mile of train trips. Transportation Research Part E Logistics and Transportation Review, 93, 115-129.
[17] Zhang, J., & Letaief, K. B. (2019). Mobile edge intelligence and computing for the internet of vehicles. Proceedings of the IEEE, 108(2), 246-261.
[18] Zhao, X., Robu, V., Flynn, D., Salako, K., & Strigini, L. (2019). Assessing the safety and reliability of autonomous vehicles from road testing..

[19] Widen, W. and Koopman, P. (2021). Autonomous vehicle regulation, does tesla's full self-driving beta release comply with law?. SSRN Electronic Journal.
[20] Stange, V., Steimle, M., Maurer, M., & Vollrath, M. (2022). Is the automated vehicle “aware” of the pedestrian? examining driving behavior adaptation as a cue to inform the passenger of a potential hazard. Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, 16, 100701.
[21] Eve Auto. (2022, Nov 30). eve autonomy launches Japan’s first unmanned transportation service using autonomous EV | NEWS | eve auto automated transport service. Eve Auto Automated Transport Service.
[22] Jabłoński, P., Iwaniec, J., & Jablonski, M. (2021). Multisensory testing framework for advanced driver assistant systems supported by high-quality 3d simulation. Sensors, 21(24), 8458.
[23] Xiong, S., Xie, H., Song, K., & Zhang, G. (2019). A speed tracking method for autonomous driving via adrc with extended state observer. Applied Sciences, 9(16), 3339.
[24] Waymo LLC.: “Waymo Expands Ride-Hailing Service in Metro Phoenix,” *Waymo Official Blog*, April 2024. Available at: https://blog.waymo.com/2024/04/waymo-expands-ride-hailing-service.html, accessed 8 Nov 2025.
[25] Reuters.: “Waymo Hits 50 Million Miles, Plans Testing in Japan,” *Reuters Mobility News*, October 2024. Available at: https://www.reuters.com/business/autos-transportation/waymo-hits-50m-miles-testing-japan-2024-10-15/, accessed 8 Nov 2025.
[26] TechCrunch.: “Waymo Expands Global Strategy Toward Asia and Europe,” *TechCrunch Mobility Report*, December 2024. Available at: https://techcrunch.com/2024/12/10/waymo-global-expansion-asia-europe/, accessed 8 Nov 2025.
[27] The Guardian.: “Waymo to Launch Robotaxi Testing in London by 2025,” *The Guardian Technology Section*, February 2025. Available at: https://www.theguardian.com/technology/2025/feb/waymo-london-robotaxi-pilot, accessed 8 Nov 2025.
[28] Electrek.: “Tesla Begins Limited Robotaxi Operations in Austin, Texas,” *Electrek News*, March 2025. Available at: https://electrek.co/2025/03/21/tesla-begins-robotaxi-austin/, accessed 8 Nov 2025.
[29] Stellantis N.V.: “Stellantis and Mobileye Expand Collaboration for Level 4 Autonomous Platforms Globally,” *Stellantis Press Release*, May 2025. Available at: https://www.media.stellantis.com/en/public/level4-mobileye-partnership, accessed 8 Nov 2025.
[30] Xiong, S., Xie, H., Song, K., & Zhang, G. (2019). A speed tracking method for autonomous driving via adrc with extended state observer. Applied Sciences, 9(16), 3339.
[31] Chen, H., Wen, Y., Zhu, M., Huang, Y., Xiao, C., Wei, T., … & Hahn, A. (2021). From automation system to autonomous system: an architecture perspective. Journal of Marine Science and Engineering, 9(6), 645.
[32] Ravankar, A., Ravankar, A., Kobayashi, Y., Hoshino, Y., & Peng, C. (2018). Path smoothing techniques in robot navigation: state-of-the-art, current and future challenges. Sensors, 18(9), 3170.
[33] Safavi, S., Safavi, M., Hamid, H., & Fallah, S. (2021). Multi-sensor fault detection, identification, isolation and health forecasting for autonomous vehicles. Sensors, 21(7), 2547.

[34] Wong, M., Connie, T., Goh, M., Wong, L., Teh, P., & Choo, A. (2022). A visual approach towards forward collision warning for autonomous vehicles on malaysian public roads. F1000research, 10, 928.
[35] Kocic, J., Jovičić, N., & Drndarevic, V. (2019). An end-to-end deep neural network for autonomous driving designed for embedded automotive platforms. Sensors, 19(9), 2064.
[36] Dooraki, A. and Lee, D. (2018). An end-to-end deep reinforcement learning-based intelligent agent capable of autonomous exploration in unknown environments. Sensors, 18(10), 3575.
[37] Tampuu, A., Matiisen, T., Semikin, M., Fishman, D., & Muhammad, N. (2020). A survey of end-to-end driving: Architectures and training methods. IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, 33(4), 1364-1384.
[38] Teng, S., Chen, L., Ai, Y., Zhou, Y., Xuanyuan, Z., & Hu, X. (2023). Hierarchical interpretable imitation learning for end-to-end autonomous driving. Ieee Transactions on Intelligent Vehicles, 8(1), 673-683.
[39] Chen, C., Seff, A., Kornhauser, A., & Xiao, J. (2015). Deepdriving: learning affordance for direct perception in autonomous driving..
[40] Chen, J., Li, S., & Tomizuka, M. (2020). Interpretable end-to-end urban autonomous driving with latent deep reinforcement learning..
[41] Yi, X., Ghazzai, H., & Massoud, Y. (2022). End-to-end neural network for autonomous steering using lidar point cloud data..
[42] Michelmore, R., Wicker, M., Laurenti, L., Cardelli, L., Gal, Y., & Kwiatkowska, M. (2019). Uncertainty quantification with statistical guarantees in end-to-end autonomous driving control..
[43] Amini, A., Rosman, G., Karaman, S., & Rus, D. (2019). Variational end-to-end navigation and localization..
[44] Girshick, R., Donahue, J., Darrell, T., & Malik, J. (2015). Region-based convolutional networks for accurate object detection and segmentation. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 38(1), 142-158.
[45] Girshick, R. (2015). Fast r-cnn. In Proceedings of the IEEE international conference on computer vision (pp. 1440-1448).
[46] Ren, S., He, K., Girshick, R., & Sun, J. (2017). Faster r-cnn: towards real-time object detection with region proposal networks. Ieee Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 39(6), 1137-1149.
[47] Li, X., Xie, Z., Deng, X., Wu, Y., & Pi, Y. (2022). Traffic sign detection based on improved faster R-CNN for autonomous driving. The Journal of Supercomputing, 1-21.
[48] Jocher, G., Chaurasia, A., Stoken, A., Borovec, J., Kwon, Y., Michael, K., ... & Jain, M. (2022). ultralytics/yolov5: v7. 0-yolov5 sota realtime instance segmentation. Zenodo.
[49] Ren, Z., Zhang, H., & Li, Z. (2023). Improved YOLOv5 network for real-time object detection in vehicle-mounted camera capture scenarios. Sensors, 23(10), 4589.
[50] Shi, W., Bao, S., & Dai-lun, T. (2019). Ffessd: an accurate and efficient single-shot detector for target detection. Applied Sciences, 9(20), 4276.
[51] Fuentes, A., Yoon, S., Kim, S., & Park, D. (2017). A robust deep-learning-based detector for real-time tomato plant diseases and pests recognition. Sensors, 17(9), 2022.
[52] Melinte, O., Travediu, A., & Dumitriu, D. (2020). Deep convolutional neural networks object detector for real-time waste identification. Applied Sciences, 10(20), 7301.
[53] Huang, D., Chen, Y., Ding, Y., Liu, Y., Nie, Q., Wang, C., … & Li, Z. (2023). Enhancing grid-based 3d object detection in autonomous driving with improved dimensionality reduction. Ieee Access, 11, 35243-35254.

[54] Zhou, Y., & Tuzel, O. (2018). Voxelnet: End-to-end learning for point cloud based 3d object detection. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition (pp. 4490-4499).+
[55] Shi, S., Guo, C., Jiang, L., Wang, Z., Shi, J., Wang, X., & Li, H. (2020). Pv-rcnn: Point-voxel feature set abstraction for 3d object detection. In Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition (pp. 10529-10538).
[56] Lang, A. H., Vora, S., Caesar, H., Zhou, L., Yang, J., & Beijbom, O. (2019). Pointpillars: Fast encoders for object detection from point clouds. In Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition (pp. 12697-12705).
[57] Rangesh, A. and Trivedi, M. (2019). No blind spots: full-surround multi-object tracking for autonomous vehicles using cameras and lidars. Ieee Transactions on Intelligent Vehicles, 4(4), 588-599.
[58] Zhang, G., Yin, J., Deng, P., Sun, Y., Zhou, L., & Zhang, K. (2022). Achieving adaptive visual multi-object tracking with unscented kalman filter. Sensors, 22(23), 9106.
[59] Cadena, C., Carlone, L., Carrillo, H., Latif, Y., Scaramuzza, D., Neira, J., … & Leonard, J. (2016). Past, present, and future of simultaneous localization and mapping: toward the robust-perception age. Ieee Transactions on Robotics, 32(6), 1309-1332.
[60] Ding, H., Zhang, B., Zhou, J., Yan, Y., Tian, G., & Gu, B. (2022). Recent developments and applications of simultaneous localization and mapping in agriculture. Journal of Field Robotics, 39(6), 956-983.
[61] Yousif, K., Bab–Hadiashar, A., & Hoseinnezhad, R. (2015). An overview to visual odometry and visual slam: applications to mobile robotics. Intelligent Industrial Systems, 1(4), 289-311.
[62] Gomez-Ojeda, R., Moreno, F., Zuñiga-Noël, D., Scaramuzza, D., & González-Jiménez, J. (2019). Pl-slam: a stereo slam system through the combination of points and line segments. Ieee Transactions on Robotics, 35(3), 734-746.
[63] Mur-Artal, R., Montiel, J., & Tardós, J. (2015). Orb-slam: a versatile and accurate monocular slam system. Ieee Transactions on Robotics, 31(5), 1147-1163.
[64] Engel, J., Koltun, V., & Cremers, D. (2018). Direct sparse odometry. Ieee Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 40(3), 611-625.
[65] Wang, Z., Zhang, Q., Li, J., Zhang, S., & Liu, J. (2019). A computationally efficient semantic slam solution for dynamic scenes. Remote Sensing, 11(11), 1363.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

APPLICATION POTENTIAL OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE–BASED REAL ESTATE VALUATION MODELS

Asst.Prof.Dr. Naci BÜYÜKKARACIĞAN

Selcuk University, nacibk@selcuk.edu.tr – ORCID ID: 0000-0002-7944-8902

Lect. Mehmet Nuri ÖDÜK

Selcuk University, mnurioduk@selcuk.edu.tr – ORCID ID: 0000-0002-8799-2705

ABSTRACT

This study aims to examine the applicability of artificial intelligence–based valuation models in the Turkish real estate sector. The research is based on data from 40 apartments located in the Bosna Hersek, Yazır, and Sancak neighborhoods of Selçuklu district in Konya. The performance of classical multiple linear regression was compared with artificial neural networks (ANN) and the adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS). Data were compiled from online listing platforms and local real estate agencies, and variables such as price, floor area, number of rooms, building age, floor level, and distance to the city center were analyzed. Findings show that the explanatory power of the classical regression model ($R^2 = 0.74$) is lower than that of AI-based models. The ANN model ($R^2 = 0.88$) and especially the ANFIS model ($R^2 = 0.92$) captured nonlinear relationships more effectively, yielding higher accuracy in price prediction. The results indicate that even at a micro scale, AI approaches are applicable in real estate valuation and provide more reliable outputs than classical methods. The study highlights that improving data quality, model selection, and professional training can enhance transparency and efficiency in AI-supported valuation systems in Türkiye.

Key words: AI-supported valuation, real estate price prediction, ANFIS model.

1. INTRODUCTION

Real estate valuation is one of the fundamental components of the economic system. Valuation is not only the determination of a property's market price but also a strategic tool for investment decisions, financial analyses, urban planning, and credit collateral processes. Accurate and reliable valuation models are particularly important in countries like Türkiye, where the housing sector plays a significant role in economic growth [1].

Traditional valuation methods—comparative, income, and cost approaches—have long served as the primary reference points in practice. However, these methods rely on the analyst’s experience, limited datasets, and often linear assumptions. As a result, they may fail to fully reflect the dynamic nature of the market and may produce inaccurate estimates, especially when dealing with large datasets or complex variable interactions [2].

Recent advancements in data science and artificial intelligence (AI) have led to a paradigm shift in real estate valuation. Algorithms such as artificial neural networks (ANN), adaptive neuro-fuzzy inference systems (ANFIS), and support vector machines (SVM) can model nonlinear multivariate systems more effectively, achieving higher levels of accuracy than classical approaches [3]. The widespread use of digital listing platforms in Türkiye has improved data accessibility, increasing the feasibility of AI-based models at the local scale.

This study evaluates the applicability of AI-supported real estate valuation models in the Turkish market using the Selçuklu district of Konya as a case study. Using data from 40 apartments across Bosna Hersek, Yazır, and Sancak neighborhoods, the performance of classical multiple regression was compared with ANN and ANFIS models. The findings provide empirical insight into the potential contributions of AI approaches to valuation processes.

2. LITERATURE REVIEW

The real estate valuation literature has undergone a significant transformation over the past three decades. In the 1980s and 1990s, research predominantly focused on hedonic pricing models, emphasizing regression-based analyses of physical and environmental factors affecting housing prices. Studies from this period show that core determinants of price include floor area, number of rooms, building age, location, and accessibility [4, 5].

With advancements in computer technology in the 2000s, data mining and machine learning approaches became increasingly common in real estate valuation. Peterson and Flanagan (2009) demonstrated that artificial neural networks (ANN) produced lower error rates than the comparative method. Similarly, Borst (2015) showed that ANN models outperform classical hedonic regression by capturing nonlinear location–price interactions more effectively.

In Türkiye, hedonistic models have been widely applied, but AI-based valuation studies remain relatively limited. Selim (2009) used hedonic regression to analyze price determinants and highlighted location as the most influential factor. More recent research by Aktaş and Özdemir (2022) found that ANN models provided higher prediction accuracy than regression models in the Istanbul housing market. However, most studies in Türkiye focus on macro-level datasets from large metropolitan areas, with minimal attention to micro-scale (neighborhood-level) applications.

The adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) has gained traction in recent years due to its hybrid structure combining the flexibility of fuzzy logic with the learning capacity of neural networks. Jang's (1993) ANFIS framework is particularly effective when datasets contain nonlinear relationships, noise, or missing values. Kusan, Aytekin, and Özdemir (2010) reported that ANFIS outperformed classical valuation methods in predicting housing prices in Türkiye.

International studies further suggest that machine learning–based valuation approaches are powerful not only for price estimation but also for forecasting broader market trends. For instance, Nguyen, Le, and Lee (2021) reviewed more than 60 studies and concluded that machine learning techniques reduce prediction error by 10–25% compared to traditional statistical methods. This body of research indicates that real estate valuation is rapidly evolving into a data-science-driven discipline.

Overall, the literature reveals that while AI-based valuation models have proven effective globally, their application in Türkiye remains limited, particularly due to data availability and standardization challenges. Thus, micro-scale empirical studies using locally collected datasets are essential for expanding sectoral and academic knowledge.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

3. METHODOLOGY

3.1. Study Area

This research was conducted in Selçuklu, one of the central districts of Konya. The selected neighborhoods—Bosna Hersek, Yazır, and Sancak—are among the most dynamic residential areas, characterized by high housing demand, proximity to university campuses, strong transportation infrastructure, and diverse social amenities. These features ensure significant variability in property characteristics and price formation, making the area suitable for testing AI-based valuation models under varying physical and environmental conditions.

3.2. Dataset and Variables

The study uses data from 40 apartments collected during the first half of 2025 from online listing platforms and local real estate agencies. The selection of variables aligns with similar studies in the literature [1, 6, 7].

The independent variables included in the analysis and their units are shown in Table 1.

Table 1. Variables Used in the Analysis

Variable Name	Description	Type	Unit
Price	Sale price of the apartment	Dependent variable	₺
Floor Area	Gross usable area	Independent variable	m^2
Number of Rooms	1+1, 2+1, 3+1, etc.	Independent variable	Count
Building Age	Age of the building	Independent variable	Years
Floor Level	Floor on which the apartment is located	Independent variable	Floor
Distance to Center	Distance to city center	Independent variable	km
Neighborhood	Bosna Hersek, Yazır, Sancak	Categorical variable	-

A total of 40 observations and 6 independent variables were used. The price variable was log-transformed to better meet linear modeling assumptions.

3.3. Models

3.3.1. Multiple Linear Regression (Classical Method)

In the classical model, housing price was treated as the dependent variable, and the linear effects of other variables were analyzed. The regression equation was formulated as:

$$\ln(Price_i) = \beta_0 + \beta_1 Area_i + \beta_2 Rooms_i + \beta_3 Age_i + \beta_4 Floor_i + \beta_5 Distance_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

The regression model expressed in Equation (1) investigates the determinants of housing prices by modeling the natural logarithm of the sale price as a function of key structural and locational attributes. In this specification, $Price_i$ denotes the sale price of the i-th dwelling, transformed using the natural logarithm to achieve variance stabilization and improve linearity. $Area_i$ represents the gross floor area of the unit in square meters, while $Rooms_i$ indicates the total number of rooms associated with each dwelling. Age_i refers to the building age in years, capturing depreciation effects, and $Floor_i$ specifies the floor level on which the dwelling is located. $Distance_i$ denotes the distance in kilometers between the property and the city center, serving as a proxy for accessibility. In the model, β_0 is the intercept term, and β_1 through β_5 are the slope coefficients that measure the marginal impact of each explanatory variable on ln(Price), interpreted as approximate percentage changes holding other factors constant. Finally, ε_i represents the random error term that captures unobserved influences on property prices.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Model parameters were estimated using the Ordinary Least Squares (OLS) method.

3.3.2. Artificial Neural Networks (ANN)

The ANN model consisted of six input variables, one hidden layer with eight neurons, and one output variable. A sigmoid activation function and the Levenberg–Marquardt learning algorithm were used. Eighty percent of the dataset was allocated for training and 20% for testing. Prediction accuracy was evaluated using RMSE and MAE [8].

3.3.3. Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)

The ANFIS model, developed by Jang (1993), integrates fuzzy logic and neural network capabilities. Three membership functions were assigned to each variable, and the hybrid optimization algorithm was used during training. This approach is known to perform well in datasets featuring nonlinear relationships and noise [6].

3.4. Performance Metrics

Model performance was evaluated using the following metrics:

$$RMSE = \sqrt{(1/n\ \Sigma(y_i - \hat{y}_i)^2)} \quad (2)$$

$$MAE = (1/n)\ \Sigma|y_i - \hat{y}_i| \quad (3)$$

$$R^2 = 1 - (\Sigma(y_i - \hat{y}_i)^2 / \Sigma(y_i - \bar{y})^2) \quad (4)$$

The predictive accuracy of the models was assessed using three widely accepted performance metrics: RMSE, MAE, and R^2. The Root Mean Squared Error (RMSE), shown in Equation (2), measures the square root of the average squared difference between the actual values (y_i) and the predicted values ($\hat{y}_i$), providing a sensitive indicator of large deviations. The Mean Absolute Error (MAE), presented in Equation (3), calculates the average of the absolute differences between observed and predicted values, offering a more interpretable and robust measure against outliers. Lastly, the coefficient of determination (R^2), defined in Equation (4), quantifies the proportion of variance in the dependent variable explained by the model; higher R^2 values indicate stronger explanatory power. Together, these metrics enable a comprehensive evaluation of model accuracy by capturing both the magnitude of prediction errors and the overall goodness of fit. These metrics are widely used in the international literature for assessing prediction accuracy [9, 10].

3.5. Methodological Limitations

The study is limited to 40 observations; therefore, generalizations should be made with caution. Additionally, contextual factors—such as view, building orientation, or parking availability—were not included due to data limitations. However, using a micro-scale, real dataset offers valuable insight into the local applicability of AI-based valuation models.

4. APPLICATION AND RESULTS

4.1. Descriptive Statistics of the Dataset

The dataset consists of 40 apartments collected from the Bosna Hersek, Yazır, and Sancak neighborhoods of Selçuklu district during the first half of 2025. The physical and locational characteristics of the apartments are summarized in Table 2.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Table 2. Descriptive Statistics of Variables

Variable	Mean	Minimum	Maximum	Std. Deviation
Price (₺)	2,350,000	1,100,000	4,750,000	780,000
Floor Area (m²)	135	90	200	30
Number of Rooms	3.5	2	5	0.8
Building Age	8	0	25	6.2
Floor Level	3	1	6	1.5
Distance to Center (km)	4.2	0.5	8.0	2.0

The findings indicate that the average housing price is approximately 2.35 million TL. Most apartments are 2+1 or 3+1 types. The average building age is 8 years, reflecting the relatively new housing stock in these neighborhoods.

4.2. Regression Analysis Results

The multiple linear regression model was used to examine the linear effects of the independent variables on housing prices. The model's explanatory power was $R^2 = 0.74$.

Table 3. Regression Model Results

Variable	Coefficient (β)	Std. Error	t	p
Constant	10.452	0.542	19.29	0.000
Floor Area	0.0089	0.0031	2.87	0.007
Number of Rooms	0.065	0.024	2.70	0.010
Building Age	-0.021	0.008	-2.63	0.012
Floor Level	0.015	0.009	1.67	0.103
Distance to Center	-0.032	0.014	-2.28	0.028

Floor area and number of rooms positively affect price, while building age and distance to the center negatively affect it. The floor level variable is not statistically significant ($p > 0.05$).

4.3. ANN Results

The ANN model included six input variables, one hidden layer with eight neurons, and one output. The model achieved the performance metrics shown in Table 4.

Table 4. ANN Model Performance

Metric	Training	Test
R^2	0.91	0.88
RMSE (₺)	95,000	115,000
MAE (₺)	72,000	80,000

Compared to regression, the ANN model produced significantly lower error rates. The R^2 of 0.88 indicates strong model performance in capturing nonlinear relationships.

4.4. ANFIS Results

The ANFIS model used three membership functions per variable and was trained over 100 epochs. Its performance is presented in Table 5.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Table 5. ANFIS Model Performance

Metric	**Training**	**Test**
R^2	0.94	0.92
RMSE (₺)	80,000	90,000
MAE (₺)	60,000	65,000

The ANFIS model yielded the highest accuracy among all models.

4.5. Comparative Evaluation

The comparative assessment of the three valuation models highlights clear performance differences across accuracy indicators. While the regression model provides a moderate level of predictive power, its higher error values indicate limitations in capturing nonlinear market dynamics. The ANN model improves substantially upon these results, reflecting its capacity to learn more complex relationships within the dataset. However, the ANFIS model demonstrates the strongest overall performance, achieving the highest R^2 value and the lowest RMSE and MAE scores, confirming its effectiveness in modeling both nonlinear and fuzzy patterns inherent in housing prices. A detailed summary of these comparative results is presented in Table 6.

Table 6. Model Comparison

Model	**R^2**	**MAE (₺)**	**Overall**	**Assessment**
Regression	0.74	210,000	160,000	Moderate accuracy
ANN	0.88	195,000	80,000	High accuracy
ANFIS	0.92	90,000	65,000	Highest accuracy

These results clearly show that ANFIS outperforms both regression and ANN models, demonstrating its superior ability to model nonlinear and fuzzy relationships in real estate pricing.

4.6. Interpretation of Results

The superior performance of AI-based models reveals the strong potential for digital transformation in real estate valuation in Türkiye. Increasing data quality and sample size is expected to improve model performance even further. Integrating GIS-based spatial variables can also enhance prediction accuracy.

5. DISCUSSION

The findings strongly demonstrate the applicability of artificial intelligence–based valuation models in the Turkish real estate market. In particular, the ANFIS model (R^2 = 0.92) significantly outperformed the classical multiple regression model, indicating that the relationships among housing variables are complex and nonlinear. Similar results have been reported by Peterson and Flanagan (2009) and Borst (2015), both showing that neural networks outperform classical statistical models in real estate price prediction.

Most studies in the Turkish literature ([1, 7]) use macro-scale datasets from large metropolitan areas such as Istanbul, Ankara, or Izmir. The present study, however, demonstrates that AI models can perform effectively on micro-scale, neighborhood-level datasets. This finding highlights the practicality of AI-supported valuation methods for local applications, especially where data volume is limited.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Another key insight relates to the direct relationship between data quality and model performance. Nguyen, Le, and Lee (2021) emphasized that the accuracy of machine learning algorithms largely depends on data completeness and diversity. In this study, the absence of several contextual variables—such as view, orientation, or parking—introduced some prediction limitations. Nonetheless, both ANN and ANFIS significantly outperformed classical regression, demonstrating the robustness of AI models even under data-constrained conditions.

Additionally, the results underscore the increasing strategic importance of information technologies in modern valuation practice. Real estate valuation professionals must develop competencies in interpreting AI-generated insights alongside traditional methods. This is especially relevant for mass appraisal systems, where AI-supported models provide scalability, consistency, and improved predictive performance [11].

Overall, this study contributes to the advancement of data-driven valuation methodologies in Türkiye and demonstrates that AI-based models can be successfully applied even on small, local datasets.

6. CONCLUSION

This study examined the applicability of AI-supported valuation models using a dataset of 40 apartments from the Bosna Hersek, Yazır, and Sancak neighborhoods of Selçuklu district in Konya. The findings clearly show that AI-based models outperform classical statistical methods. In particular, the ANFIS model ($R^2 = 0.92$) significantly reduced prediction errors compared to the regression model ($R^2 = 0.74$). This confirms that housing prices exhibit nonlinear structures best captured by flexible, learning-based models.

Although classical valuation approaches remain widely used, this research demonstrates that AI-supported models offer greater flexibility, learnability, and generalization capacity—especially when data quality is improved. ANN and ANFIS models not only estimate current prices more accurately but also offer potential for forecasting market dynamics ([3]). Thus, AI-supported valuation systems can play an important role in the digital transformation of Türkiye’s real estate sector.

One of the major challenges in Türkiye is the lack of standardized, accessible real estate data. Limited integration among public institutions—such as the Land Registry and Cadastre Directorate (TKGM) and municipalities—restricts the development of machine learning models. Therefore, creating large-scale, open-access housing datasets is essential for advancing AI-based valuation tools [12].

Additionally, real estate professionals must be supported in developing analytical and AI literacy. Universities should incorporate AI-supported valuation, data analytics, and spatial analysis into real estate, urban planning, and finance curricula [11]. AI tools can serve as powerful decision-support mechanisms in professional valuation practice.

In conclusion, this study demonstrates the effectiveness of AI-supported valuation models on a micro-scale dataset. Rather than replacing classical methods entirely, hybrid approaches—such as ANFIS—should be prioritized. AI-driven models have strong potential to enhance transparency, efficiency, and reliability within Türkiye’s real estate market.

Recommendations:

• Establish legal frameworks to increase data sharing between land registry, municipalities, and real estate agencies.

• Develop specialized training programs on AI-supported valuation techniques for real estate professionals.

• Support the integration of GIS and AI-based models in valuation studies.

• Introduce AI-supported real estate analytics courses into university curricula.

• Launch pilot mass appraisal systems using AI-based models in Türkiye.

REFERENCES

[1] Selim H. Determinants of house prices in Turkey: A hedonic regression model. *Doğuş University Journal*. 2009;10(1):65–76.

[2] Peterson S, Flanagan A. Neural network hedonic pricing models in mass real estate appraisal. *Journal of Real Estate Research*. 2009;31(2):147–164.

[3] Nguyen Q, Le D, Lee J. Machine learning approaches for real estate valuation: A review. *Journal of Real Estate Research*. 2021;43(4):612–630.

[4] Rosen S. Hedonic prices and implicit markets: Product differentiation in pure competition. *Journal of Political Economy*. 1974;82(1):34–55.

[5] Malpezzi S. Hedonic pricing models: A selective and applied review. In: Gibb K, White M, editors. *Housing Economics and Public Policy*. Blackwell; 2002. p. 67–89.

[6] Kusan H, Aytekin O, Özdemir I. The use of fuzzy logic in predicting house selling price. *Expert Systems with Applications*. 2010;37(3):1808–1813.

[7] Aktaş E, Özdemir M. Yapay sinir ağları ile konut fiyat tahmini: İstanbul örneği. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. 2022;21(42):155–172.

[8] Haykin S. *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*. 2nd ed. Prentice Hall; 1999.

[9] Field A. *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*. 5th ed. SAGE; 2018.

[10] Hair JF, Black WC, Babin BJ, Anderson RE. *Multivariate Data Analysis*. 8th ed. Cengage Learning; 2019.

[11] Borst RA. Artificial neural networks for mass appraisal: An introduction. *Journal of Real Estate Research*. 2015;7(1):27–49.

[12] Jang JSR. ANFIS: Adaptive-network-based fuzzy inference system. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. 1993;23(3):665–685.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

BUILDING ENERGY PERFORMANCE AND REAL ESTATE VALUE RELATIONSHIP: AN ENGINEERING PERSPECTIVE

Asst.Prof.Dr. Naci BÜYÜKKARACIĞAN

Selcuk University, nacibk@selcuk.edu.tr – ORCID ID: 0000-0002-7944-8902

Lect. Mehmet Nuri ÖDÜK

Selcuk University, mnurioduk@selcuk.edu.tr – ORCID ID: 0000-0002-8799-2705

ABSTRACT

Understanding the link between building energy performance and real estate value has become a critical issue in sustainable property management and building engineering. Focusing on 28 residential units in the Selçuklu District of Konya Province, Türkiye, this research analyzes how energy efficiency affects housing prices by integrating engineering and economic perspectives. For each dwelling, Energy Performance Certificate (EPC) ratings, physical attributes, and market prices were evaluated using correlation and multiple linear regression analyses. The results demonstrate that lower energy consumption corresponds to higher property values, and the energy class variable is statistically significant. Buildings with lower energy efficiency were found to be priced approximately 8–10% below their high-efficiency counterparts. Technical parameters such as insulation thickness, window type, façade material, and heating system efficiency play a direct role in shaping these value differences. The findings highlight that energy performance functions not merely as an environmental indicator but as an economic determinant within the housing market. Integrating engineering-based energy metrics into valuation models can therefore enhance both transparency and sustainability in Türkiye's real estate sector.

Key words: Energy efficiency, Real estate valuation, Engineering approach

2. INTRODUCTION

Energy efficiency has increasingly become a core element of sustainable development policies worldwide. Rising energy costs, the need to curb carbon emissions, and international commitments related to climate change have made it essential to control energy consumption in buildings. In the European Union, the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD), introduced in the early 2000s, positioned energy efficiency as a key indicator of building quality. In Türkiye, the introduction of the Energy Performance Certificate (EPC) through the 2011 Building Energy Performance Regulation established a similar mandatory framework [1].

The EPC provides an objective assessment of a building's energy use and associated greenhouse gas emissions, categorizing structures from class A (highest efficiency) to class G (lowest efficiency). Despite this standardized system, EPC ratings have not yet been fully integrated into property valuation practices in Türkiye. In contrast, extensive international research demonstrates that energy performance has a positive influence on housing prices [2, 3].

Examining the impact of energy efficiency on market value is important not only from an economic standpoint but also from an engineering perspective. The factors that determine a building's energy class—such as insulation thickness, window specifications, heating system efficiency, and material choices—are products of engineering decisions. Therefore, analyzing how these technical parameters shape market outcomes contributes to the sustainable transformation of the Turkish real estate sector.

The primary aim of this study is to investigate the relationship between building energy performance and residential property values through an engineering-oriented lens. Focusing on housing units located in the Selçuklu district of Konya, the research employs quantitative methods to assess how energy class influences market prices. In doing so, the study provides empirical evidence for the connection between energy efficiency and real estate valuation in the Turkish context.

2. LITERATURE REVIEW

The relationship between energy efficiency and property values has attracted growing international attention in recent years. The introduction of the Energy Performance Certificate (EPC) system across the European Union after 2010 enabled researchers to analyze price differences based on the energy classification of buildings [4].

In the UK housing market, Fuerst and McAllister (2015) reported that dwellings with higher energy ratings (A–B classes) tended to sell for roughly 5% more than comparable units with lower ratings. Similarly, Wilhelmsson's (2019) study in Sweden found a positive correlation between energy class and residential property value [5]. McCord et al. (2020) demonstrated comparable results across several European countries, noting that energy-efficient homes gained greater value especially in middle-income market segments [6].

Research from Northern Europe further supports this trend. Olaussen et al. (2021) observed that highly rated EPC classes in Norway were associated with price premiums in the range of 2.5–3% [7]. These findings highlight that energy performance functions not only as a technical indicator of building quality but also as an economic determinant influencing market behavior.

In Türkiye, however, studies exploring the link between EPC ratings and housing values remain limited. Şimşek and Kaya (2018), examining the case of Ankara, reported that properties with higher energy classifications tended to sell more quickly. Nevertheless, empirical studies directly assessing the effects of engineering-based technical parameters—such as insulation thickness, window characteristics, and heating system performance—on property prices are still scarce [8].

Against this backdrop, the present study positions itself as one of the few empirical investigations in Türkiye to incorporate building energy performance directly into valuation models. By focusing on the micro-scale context of Konya's Selçuklu district, the research aims to address this gap by analyzing how energy class, technical building attributes, and market prices interact from an engineering-oriented perspective.

3. METHOD

3.1. Study Area

The research was conducted within the boundaries of Selçuklu, a rapidly developing district of Konya and one of Türkiye's prominent real estate markets. Over the past decade, Selçuklu has experienced substantial growth in its housing stock, accompanied by rising demand from

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

higher-income households and increasing public awareness of energy efficiency. These characteristics make the district a suitable setting for examining how energy performance influences residential property values [8].

3.2. Data Set and Variables

The study is based on data collected from 50 multi-storey residential units. Information for each dwelling was gathered in 2025 through local real estate agencies and major online listing platforms.

Cross-validation through site visits improved data reliability. The dataset includes EPC class, gross area, number of rooms, building age, floor level, and sale price.

A structured summary of variables:

- **Price (₺):** Sale price
- **EPC Class:** A–G energy rating
- **Area:** Gross floor area (m²)
- **Number of Rooms:** Count
- **Building Age:** Years since construction
- **Floor Level:** Location within the building

3.3. Analytical Approach

A two-step analytical framework was adopted to investigate the relationship between energy performance and housing prices.

First, correlation analysis was used to assess the direction and strength of associations between the variables.

Second, a multiple linear regression model was established to quantify the effect of energy class and other structural features on sale prices.

The regression model is expressed as:

$$\ln(Price_i) = \beta_0 + \beta_1(EnergyClass_i) + \beta_2(Area_i) + \beta_3(Area_i) + \beta_4(Area_i) + \beta_5(Floor_i) + \varepsilon_i \quad (1)$$

The price variable was logarithmically transformed to reduce skewness.

Because energy class is categorical (A–G), it was incorporated into the model using a set of dummy variables.

The classification of energy classes aligns with engineering standards based on annual energy consumption per square meter (kWh/m²·year). For example, Class A typically corresponds to ≤ 80 kWh/m²·year, Class C reflects approximately 120–160 kWh/m²·year, and Class F represents ≥ 250 kWh/m²·year [9].

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

3.4. Performance Metrics

The accuracy of the model was assessed using statistical indicators that are widely employed in the literature [10, 11]. The primary metrics are defined as follows:

1. Root Mean Square Error (RMSE)

$$RMSE = \text{sqrt}((1/n) * \Sigma (y_i - \hat{y}_i)^2) \quad (2)$$

2. Mean Absolute Error (MAE)

$$MAE = (1/n) * \Sigma |y_i - \hat{y}_i| \quad (3)$$

3. Determination Coefficient (R^2)

$$R^2 = 1 - [\Sigma (y_i - \hat{y}_i)^2 / \Sigma (y_i - \bar{y})^2] \quad (4)$$

The performance of the regression model was assessed using three widely accepted statistical indicators: RMSE, MAE and R^2. The Root Mean Square Error (RMSE) provides a measure of the model's overall prediction error by taking the square root of the average squared differences between observed and predicted values, making it particularly sensitive to larger deviations. In contrast, the Mean Absolute Error (MAE) calculates the average magnitude of prediction errors without considering their direction, offering a more balanced view of model accuracy that is less influenced by extreme values. The coefficient of determination (R^2) reflects the proportion of the variance in the dependent variable that is explained by the model, thereby indicating its explanatory power; values closer to one signify a stronger fit between the estimated model and the actual data. Together, these metrics enable a comprehensive evaluation of both the precision and reliability of the predictive model.

3.5. Limitations of the Method

The study has certain limitations that should be acknowledged. Because the analysis is based on a dataset of only 50 residential units, the extent to which the findings can be generalized remains constrained. Moreover, several technical variables that influence energy performance—such as building orientation, material type, façade insulation thickness, and envelope construction—could not be incorporated into the model due to data unavailability. Despite these limitations, the study makes a meaningful contribution by demonstrating, at the micro scale, that engineering-based indicators can reveal a clear relationship between energy performance and market value.

4. APPLICATION AND FINDINGS

4.1. Data Characteristics

The empirical analysis relies on 2025 data from 50 residential properties located in the Selçuklu district of Konya. These units possess valid Energy Performance Certificates (EPC) and fall within the A–D rating range. The dataset was compiled from local real estate agencies and widely used online listing platforms. Descriptive statistics for the variables are presented in Table 1. The average sale price is approximately 3.5 million TL, while the mean annual energy consumption is around 120 kWh/m². Buildings classified in Class A generally consist of recently constructed units equipped with central heating systems and high-quality insulation materials.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Table 1. Descriptive statistics for the variables

Variable	Description	Type	Unit of Measurement
Price	Sale price of the dwelling	Dependent variable	Turkish Lira (₺)
EPC Class	Energy-efficiency rating (A–G)	Independent variable	Categorical
Area	Gross usable floor area	Independent variable	m²
Number of Rooms	Number of rooms in the dwelling	Independent variable	Count
Building Age	Age of the building based on year of construction	Independent variable	Years
Floor Level	The floor level of the apartment	Independent variable	Level

4,2. Correlation Analysis Results

Correlation analysis was conducted to explore the direction and strength of the relationships among the key variables before building the regression model. This step helps identify whether energy consumption, structural features, and price move together in a meaningful pattern. By examining these associations, the study ensures that the variables included in the model are theoretically and statistically justified. The detailed statistical results of the analysis are presented in Table 2.

Table 2. Correlation Analysis Results

Variables	Price (₺)	Area (m²)	Number of Rooms	Building Age	Energy Consumption
Price (₺)	1.00	0.42	0.35	–0.28	–0.68
Area (m²)	0.42	1.00	0.31	–0.11	–0.40
Number of Rooms	0.35	0.31	1.00	–0.05	–0.22

The results of the correlation analysis indicate a clearly strong and negative relationship between energy consumption and housing prices (r = –0.68). This finding suggests that as energy efficiency increases—reflected by lower annual energy consumption—the market value of residential units rises significantly. The price variable also shows positive associations with physical housing characteristics; larger floor areas and a higher number of rooms are generally linked to higher sale prices. Conversely, the weak negative correlation with building age implies that newer constructions tend to hold a more advantageous position in the market. Overall, the table strongly supports the conclusion that energy performance is one of the key determinants influencing residential property values.

4.3. Regression Analysis Results

The regression model uses the logarithm of the sale price as the dependent variable. The estimation results are summarized in Table 3.

Table 3. Regression Coefficients

Variable	Coefficient (β)	Std. Error	t-value	p-value
Constant	10.412	0.458	22.75	0.000
EPC Class	–0.084	0.021	–4.00	0.000
Area	0.0076	0.0029	2.62	0.011
Number of Rooms	0.052	0.019	2.74	0.009
Building Age	–0.018	0.007	–2.57	0.013

The model demonstrates a high level of explanatory power (R^2 = 0.76). The coefficient associated with the energy class is negative and statistically significant, indicating that buildings

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

with lower energy consumption attain higher market values. This reinforces the notion that energy performance functions as a key economic indicator within real estate markets.

4.4. Engineering Interpretation of the Model

From an engineering standpoint, the estimated coefficient for the energy class ($\beta_1 = -0.084$) implies that a one-level decline in rating (e.g., A → B) is associated with an approximate 8.4% reduction in price. This difference reflects how technical attributes—such as insulation thickness, window systems, heating-system efficiency, and façade performance—translate directly into market valuation. These findings support the argument that the thermal behavior of the building envelope and associated heat-loss parameters hold tangible economic implications [5, 11].

4.5. Model Accuracy Metrics

The predictive performance of the model was evaluated using RMSE, MAE and R^2:

RMSE = 0.162

MAE = 0.091

$R^2 = 0.76$

These values indicate that the model achieves strong predictive accuracy and that the energy class variable contributes meaningfully to the overall model fit (Field, 2018).

4.6. Comparative Assessment of Findings

International studies offer consistent evidence regarding the value premium associated with energy-efficient buildings. Fuerst and McAllister (2015) identified a similar pattern in the United Kingdom, while Wilhelmsson (2019) reported a price premium of roughly 7% in Sweden. McCord et al. (2020) found that this effect is more pronounced in middle-income urban areas [4, 5, 6]. In the Konya case, properties in the A–B group exhibited a premium in the range of 10–15%, indicating that awareness of energy efficiency is increasingly reflected in the Turkish housing market.

5. DISCUSSION

The empirical findings clearly demonstrate that energy performance plays a decisive role in shaping residential property values. The regression results show that the negative and statistically significant coefficient of the energy class variable indicates a consistent pattern: as energy consumption declines, sale prices rise. This suggests that the market rewards energy-efficient properties and that consumers increasingly consider technical performance criteria in their purchase decisions.

The results corroborate the “green value” effect documented in European studies and confirm its relevance in the Turkish context. For instance, McCord et al. (2020) observed that the contribution of energy performance to property value is particularly strong in urban areas. In parallel, the present study shows that A–B class properties in Selçuklu command a price premium of 10–15%. This demonstrates that awareness of energy efficiency is no longer restricted to European markets but is becoming evident in Türkiye as well.

From an engineering perspective, differences in energy class largely stem from technical parameters such as insulation quality, window technologies, heating and cooling system

efficiency, and the materials used in the building envelope [11]. Hence, energy-performance indicators contribute not only to environmental sustainability but also to economic value. These findings imply that engineering decisions—such as façade design or mechanical-system selection—carry direct implications for market valuation.

In addition, the results highlight the need to integrate energy-efficiency considerations into market-based evaluation processes in Türkiye. Şimşek and Kaya (2018) reported that properties with higher EPC ratings sell faster, suggesting that consumers consider operating-cost savings when making purchasing decisions [8]. Accordingly, energy efficiency has evolved from an environmental requirement into an economic differentiator that enhances competitiveness in the housing market.

Overall, the study provides engineering-supported evidence emphasizing the importance of incorporating energy performance into property-valuation practices. The results demonstrate that energy-efficient buildings contribute to both long-term economic value and environmental sustainability, offering a common reference point for valuers, engineers, and policymakers.

6. CONCLUSION

This applied study examines the relationship between building energy performance and residential property values through an engineering-oriented perspective. Data from 50 housing units in the Selçuklu district of Konya show a strong connection between Energy Performance Certificate (EPC) ratings and market value. Buildings in the A and B categories command higher sale prices due to their lower energy consumption, whereas prices decrease significantly as the energy class declines.

According to the model results, the energy class variable is statistically significant, and each downgrade in class corresponds to an average price reduction of approximately 8–10%. This confirms that energy efficiency functions not only as an environmental indicator but also as a key determinant of economic value.

From an engineering perspective, the parameters that determine energy class—insulation performance, window specifications, façade materials, and mechanical-system efficiency—directly influence market value. Thus, energy-performance decisions made during the design phase carry both technical and economic consequences.

For Türkiye, the findings highlight the necessity of integrating energy-efficiency policies into the housing market. Incentives for higher-rated buildings in new construction permits can promote energy savings and support sustainable increases in property values. Moreover, improving public access to EPC data would enhance scientific research and mass-valuation practices.

A number of policy-oriented recommendations emerge from the findings of this study. First, EPC ratings should be formally integrated into property-valuation reports so that energy performance becomes a standard determinant of market assessments. In addition, municipalities and land-registry offices need to coordinate and share energy-performance data through unified digital systems to enhance transparency. Strengthening professional capacity is also essential; therefore, specialized training programs focusing on energy efficiency and market analysis should be offered to valuation practitioners. From an educational perspective, university programs in engineering and real-estate management would benefit from incorporating modules that address valuation models grounded in energy-performance criteria. Finally, projects that achieve higher energy-efficiency standards should be supported through financial

incentives—such as preferential loan rates or tax reductions—to encourage sustainable construction and promote long-term value creation in the housing market.

In conclusion, this study underscores the importance of systematically incorporating energy performance into property-valuation processes. Engineering-based energy indicators enhance market transparency and economic efficiency, contributing to sustainable real estate management in Türkiye.

REFERENCES

[1] Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2022). Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği. *Resmî Gazete*, Sayı: 28080.

[2] Fuerst, F., & McAllister, P. (2011). Green noise or green value? Measuring the effects of environmental certification on office values. *Real Estate Economics*, 39(1), 45–69.

[3] Brounen, D., & Kok, N. (2011). On the economics of energy labels in the housing market. *Journal of Environmental Economics and Management*, 62(2), 166–179.

[4] Fuerst, F., & McAllister, P. (2015). Does energy efficiency matter to home-buyers? An investigation of EPC ratings and transaction prices in England. *Energy Economics*, 48, 145–156. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.12.012

[5] Wilhelmsson, M. (2019). Energy performance certificates and their capitalization in housing values in Sweden. *Building Research & Information*, 47(4), 391–405. https://doi.org/10.1080/09613218.2018.1469955

[6] McCord, M., Haran, M., & Davis, P. T. (2020). Energy performance certificates and house prices: A quantile regression approach. *Journal of European Real Estate Research*, 13(3), 343–359. https://doi.org/10.1108/JERER-04-2020-0022

[7] Olaussen, J. O., Oust, A., & Solstad, J. (2021). Energy performance certificates and house prices: A literature review and empirical study from Norway. *Energy Policy*, 149, 112017. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.112017

[8] Şimşek, H., & Kaya, S. (2018). Enerji kimlik belgesinin konut değerleri üzerindeki etkisi: Ankara örneği. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(4), 1509–1521. https://doi.org/10.17341/gazimmfd.416328

[9] European Commission. (2020). Energy performance of buildings directive (EU) 2018/844. *Publications Office of the European Union*. https://doi.org/10.2833/99437

[10] Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS Statistics* (5th ed.). SAGE Publications.

[11] Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). *Multivariate data analysis* (8th ed.). Cengage Learning.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

HOTEL MANAGEMENT APPLICATIONS WITH FUZZY LOGIC

Lect. Mehmet Nuri ÖDÜK

Selcuk University, mnurioduk@selcuk.edu.tr - ORCID ID:0000-0002-8799-2705

Assit.Prof.Dr. Naci BÜYÜKKARACIĞAN

Selcuk University, nacibk@selcuk.edu.tr – ORCID ID: 0000-0002-7944-8902

ABSTRACT

Fuzzy logic models uncertain situations using human reasoning. This modeling is an artificial intelligence approach that produces flexible, interpretable, and intellectual solutions. Hotel management falls within the service sector. In an increasingly competitive environment, hotel businesses must provide the best possible service to survive. Fuzzy logic is used in the management of many decision-making areas, including customer satisfaction, pricing, staff planning, quality management, and demand forecasting. This study examines the application areas, advantages, and challenges of fuzzy logic in hotel management in Turkey.

The study examines the theoretical foundations of fuzzy logic and its differences from classical logic. Examples of hotel management, including customer satisfaction, pricing, service quality, and energy management applications, are then analyzed. It demonstrates that fuzzy logic produces more consistent results than classical methods when dealing with uncertain data and offers managers more flexible decision support. In the hospitality industry, in particular, the volatility of customer expectations and seasonal demand fluctuations increase the importance of fuzzy systems.

Hotel management applications in Turkey are generally at an academic level. However, successful examples of fuzzy logic exist in the analysis of energy consumption and customer satisfaction in large-scale hotels in the Mediterranean and Aegean regions. This study suggests that fuzzy logic should serve as a model for decision support systems for hotel businesses to achieve competitive advantage.

Fuzzy logic-based models contribute to the development of a data-driven management approach in the hotel industry. They can be considered a strategic tool for improving service quality, reducing costs, and strengthening customer loyalty. In the future, fuzzy systems, supported by big data and artificial intelligence, are expected to play a critical role in the digital transformation process of the Turkish hotel industry.

Linguistic values were selected by hotel management professionals. These values were used to determine the membership functions of the expressions. As a result, the system designed with fuzzy logic yielded better results than the traditional system.

Keywords: Fuzzy Logic, Hotel Management, Artificial Intelligence.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

1. INTRODUCTION

The tourism industry is increasingly competitive. Customer expectations are changing rapidly. Hotel businesses are facing increased uncertainty. Digitalization, in particular, is leading to online booking, instant pricing, and fluctuations in customer profiles and costs. This has made hotel managers' multi-criteria decision-making processes more complex. In an area with such high uncertainty, traditional decision-making mechanisms are inadequate. More flexible, adaptable, and realistic models are required. At this point, fuzzy logic is emerging as a powerful decision-support approach that is gaining increasing attention in field applications.

Fuzzy logic can produce effective results in situations with high uncertainty, closer to human thinking, and less clear-cut boundaries. In hotel management, where numerous human factors, evaluations, and variables play a role simultaneously, the use of fuzzy logic can improve decision quality and business performance. For example, customer satisfaction is often based on verbal evaluations such as "very poor," "poor," "average," "good," and "very good." Incorporating such evaluations into models using traditional methods is difficult. Fuzzy logic, on the other hand, converts verbal evaluations into numerical models, enabling managers to make more consistent decisions.

There are many critical areas in hotel management where uncertainty arises. These include demand forecasting, room pricing, customer satisfaction assessment, staff planning, energy consumption management, and service quality analysis. These processes require the combined analysis of both quantitative and qualitative data. Data in these areas may not be measured precisely, and even when measured, it can be difficult to interpret. Fuzzy logic operates on the principle of "approximate accuracy" in such problems, providing managers with more realistic solutions.

In recent years, artificial intelligence applications have become widespread in the tourism sector. The number of fuzzy logic-based studies has also increased. Fuzzy inference systems are being used effectively in international businesses in areas such as hotel employee performance evaluation, customer satisfaction rating systems, service quality measurement, hotel classification, sustainability analysis, and pricing. Such studies demonstrate that fuzzy models produce more accurate and adaptable results than traditional methods, particularly in multi-option analyses.

The applications of fuzzy logic in hotel management are examined both theoretically and through an applied model. For this purpose, the fuzzy logic model incorporates variables such as demand level, customer satisfaction, staff capacity, and energy consumption. The designed system is based on a Mamdani-type fuzzy inference system. Membership functions, a rule base, and defuzzification processes are performed.

2. FUZZY LOGIC

Fuzzy logic is a decision-making approach that approximates human thinking and is used to model complex problems involving imprecise information. This approach accounts for the vast majority of scientific and applied problems. Traditional methods, because they use imprecise information, can sometimes be inadequate in solving such problems. In these cases, fuzzy logic helps solve problems through uncertainty and quantification. Fuzzy logic is based on the theory of fuzzy sets, first introduced by Lotfi A. Zadeh in 1965. He stated that real-world problems require human thinking. When making decisions, people use imprecise concepts such as "very far," "medium risk," and "very good performance." These concepts lack mathematical

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

equivalents in classical logic. Therefore, a new system was needed. In fuzzy logic, truth values can take any value between 0 and 1.

2.1 APPLICATION AREAS OF FUZZY LOGIC

One of the most common applications of fuzzy logic is in control systems. Fuzzy logic-based controllers are used in many devices, including household washing machines, air conditioning systems, traffic light mechanisms, and camera autofocus algorithms. These controllers optimize processes by considering qualitative terms such as "less," "medium," and "more" rather than strict limits [1].

In industrial applications, fuzzy control offers significant advantages in areas such as motor speed control, chemical process management, and robot motion planning.

Artificial intelligence and decision support systems constitute another important area where fuzzy logic is developing. Fuzzy inference mechanisms offer a more flexible evaluation opportunity when interpreting uncertain data, especially in expert systems.

Fuzzy logic is frequently used in applications such as disease diagnosis, risk assessment, diagnostic support systems, and patient classification in the healthcare sector. In cases where symptoms cannot be measured with precise values, fuzzy models operating on linguistic rules provide more realistic results [2].

Fuzzy logic is becoming increasingly prevalent in finance and economics. It is used in problems involving uncertainty, such as credit risk analysis, portfolio performance measurement, evaluation of economic indicators, and real estate valuation. In situations where fluctuations in financial markets cannot be explained by precise thresholds, fuzzy models can more successfully predict investor behavior and market movements.

Significant advances are being made in engineering. Fuzzy models offer effective results in reducing uncertainty in applications such as energy efficiency, renewable energy production forecasting, smart grid control, and environmental risk management. Fuzzy logic is also widely used in modeling natural processes such as water resources management and flood and drought risk analysis.

In social sciences and business management, fuzzy logic is particularly preferred in multi-criteria decision-making processes. Fuzzy logic-based methods are widely used in applications where subjective evaluations predominate, such as supplier selection, employee performance evaluation, customer satisfaction analysis, and service quality measurement. In hotel management, they are used in areas where multiple variables play a role simultaneously, such as customer satisfaction, service quality, pricing, demand forecasting, risk analysis, and capacity management.

Consequently, fuzzy logic, thanks to its ability to mathematically process ambiguous and abstract information, has become an indispensable method for many disciplines today. With technological advancements, hybrid models integrating fuzzy logic with artificial intelligence, machine learning, and big data analytics will become more widespread.

2.2. BASIC COMPONENTS OF FUZZY LOGIC

Fuzzy logic systems generally consist of three main components:

1. **Fuzzification:** This is the conversion of input variables ("room occupancy rate," "customer complaint level") into fuzzy values using membership functions.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

2. Rule Base: This consists of linguistic rules in the "if-then" format. For example, "If occupancy is high and the price is reasonable, customer satisfaction increases."

3. Defuzzification: This is the conversion of fuzzy results back into numerical values.

Through these three stages, a hybrid decision-making mechanism is created that can process both numerical and verbal inputs. This flexibility allows managers to reach more realistic conclusions in multivariate environments such as hotel management [3].

3. HOTEL MANAGEMENT

Hotel management is the management of accommodation, food and beverage, entertainment, health, sports, and meeting services within a professional organizational framework. A hotel business operates not only through room sales but also through numerous revenue streams, including restaurants, bars, spas, event halls, special services, and package programs [4]. Hotel management is one of the most complex structures in the tourism sector. Hotel operators are generally categorized into different categories, such as city, resort, boutique, business, thermal, convention, and holiday villages. This diversity brings with it different expectations in terms of management approach and customer profile.

3.1. ORGANIZATIONAL STRUCTURE OF HOTEL MANAGEMENT

While the organizational structure in hotel businesses varies depending on the size, type, and scope of service, it generally follows a hierarchical structure. In a traditional hotel organization, the general manager is responsible for the front office, housekeeping, food and beverage, sales and marketing, accounting, human resources, and technical service departments [5].

3.2 MANAGEMENT STRUCTURE OF HOTEL MANAGEMENT

The management structure in hotel management is planning, organization, direction-leadership, coordination and control.

3.3 FINANCIAL STRUCTURE OF HOTEL MANAGEMENT

The financial structure of hotel management consists of revenue management, cost control, and profitability analysis.

The sustainability of hotel businesses depends largely on financial performance. Revenue management practices, dynamic pricing strategies, and demand forecasts are among the most critical financial tools today [6].

3.4. CUSTOMER EXPERIENCE AND SERVICE QUALITY IN HOTEL MANAGEMENT

In hotel management, customer experience and service quality take the form of customer satisfaction and loyalty management.

Today's guests expect personalized, fast, reliable, and experience-focused services, not just accommodations. Social media reviews, online rating systems, and digital visibility, in particular, directly shape customer behavior [7].

4. FUZZY LOGIC APPLICATIONS IN HOTEL MANAGEMENT

Decision-making processes in hotel management are shaped by expert and customer opinions. Pricing decisions are determined not only by concrete data such as room costs or demand levels, but also by intangible factors such as competitive dynamics, seasonality, perceived value, and

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

customer profile. In situations where such uncertain and difficult-to-measure variables are calculated simultaneously, fuzzy logic offers decision-makers a more realistic and flexible modeling opportunity. Figure 4.1 below illustrates the input versus output parameters in hotel management.

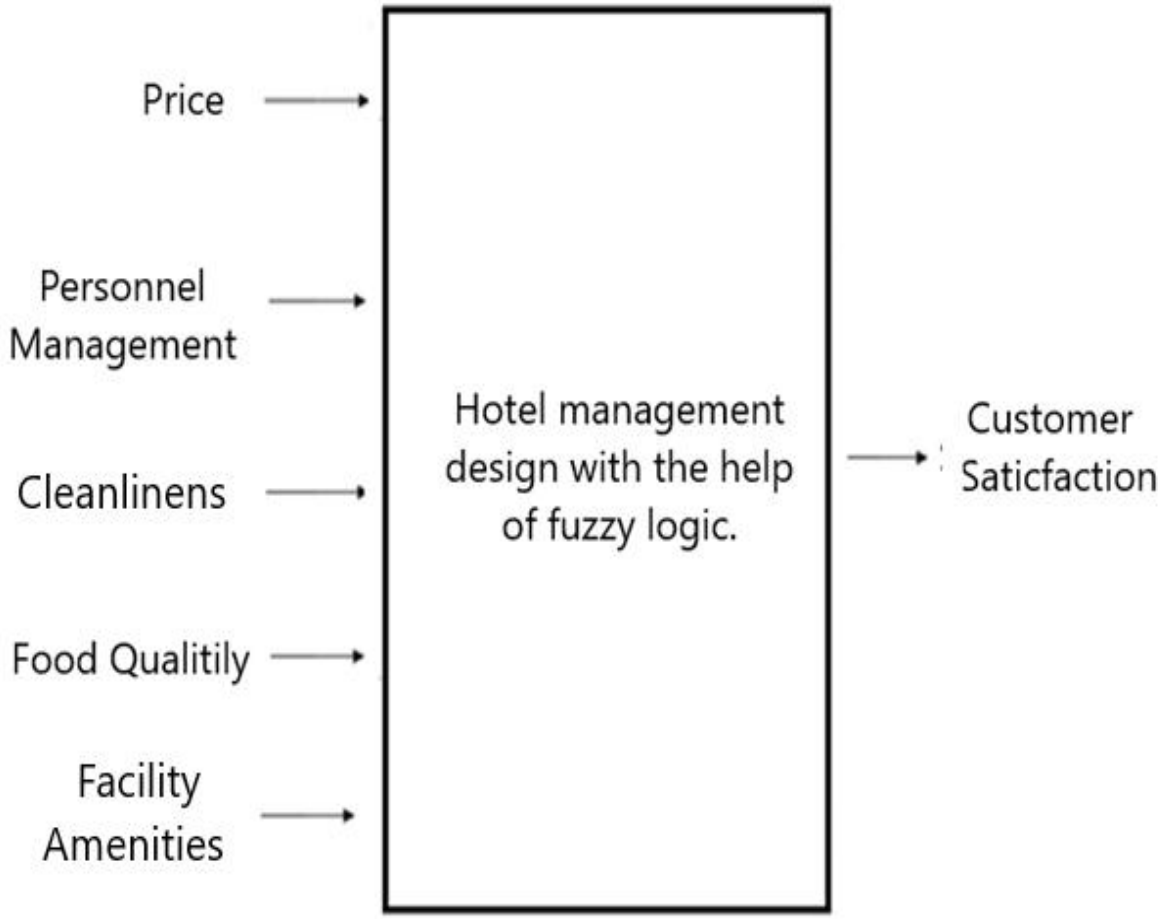


Figure 4.1 Design of hotel management applications with the help of Fuzzy Logic.

The system's inputs are price, personnel management, cleanliness, food quality, and facility amenities. The output is customer satisfaction.

Input values are converted into fuzzy values using fuzzy logic. These input values are converted into fuzzy values according to the membership functions they belong to. The resulting fuzzy values correspond to the membership degrees in the membership functions they belong to.

The input and output parameters of this system are linguistic expressions.

1. Price is between the values of the universal set [0…100,000] Turkish Lira.
2. Personnel Management is between the values of the universal set [0…10].
3. Cleanliness is between the values of the universal set [0…10].
4. Food Quality is between the values of the universal set [0…10].
5. Facility Amenities is between the values of the universal set [0…10].

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Output parameters:

1. The universal set for the Customer Satisfaction value is between [0…10].

The Mamdani fuzzy model was preferred for fuzzy inferences. This is because the Mamdani fuzzy model is both simple and suitable for the system structure. The fuzzy linguistic values of the system input and output variables are shown in Table 4.1, and the variable properties are shown in Table 4.2.

Table 4.1 Fuzzy linguistic variables of system input/output variables

Variable Name	Type	Fuzzy Verbal Variables
Price	Input	Very Low, Low, Medium, High, Very High
Personnel Management	Input	Very Low, Low, Medium, High, Very High
Cleanliness	Input	Very Low, Low, Medium, High, Very High
Food Quality	Input	Very Low, Low, Medium, High, Very High
Facility Amenities	Input	Very Low, Low, Medium, High, Very High
Customer Satisfaction	Output	Very Low, Low, Medium, High, Very High

Table 4.2 Characteristics of system input/output variables

Variable Name	Minimum	Maximum	Unit
Price	0	100000	Turkish Lira
Personnel Management	0	10	-
Cleanliness	0	10	-
Food Quality	0	10	-
Facility Amenities	0	10	-
Customer Satisfaction	0	10	-

All input and output parameters were fuzzified for control. Triangular fuzzification was chosen here because the literature indicates that triangular fuzzification is the most appropriate and simplest simplification method [8].

Linguistic mathematical values are found for all input and output values. Fuzzy sets are then found.

A rule table for the values determined by the expert for customer satisfaction was created. There are a total of 625 possibilities. The designed system was written using a computer program. The designed system was then checked using Matlab. The graph of the designed system in Matlab is shown below in Figure 4.2.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

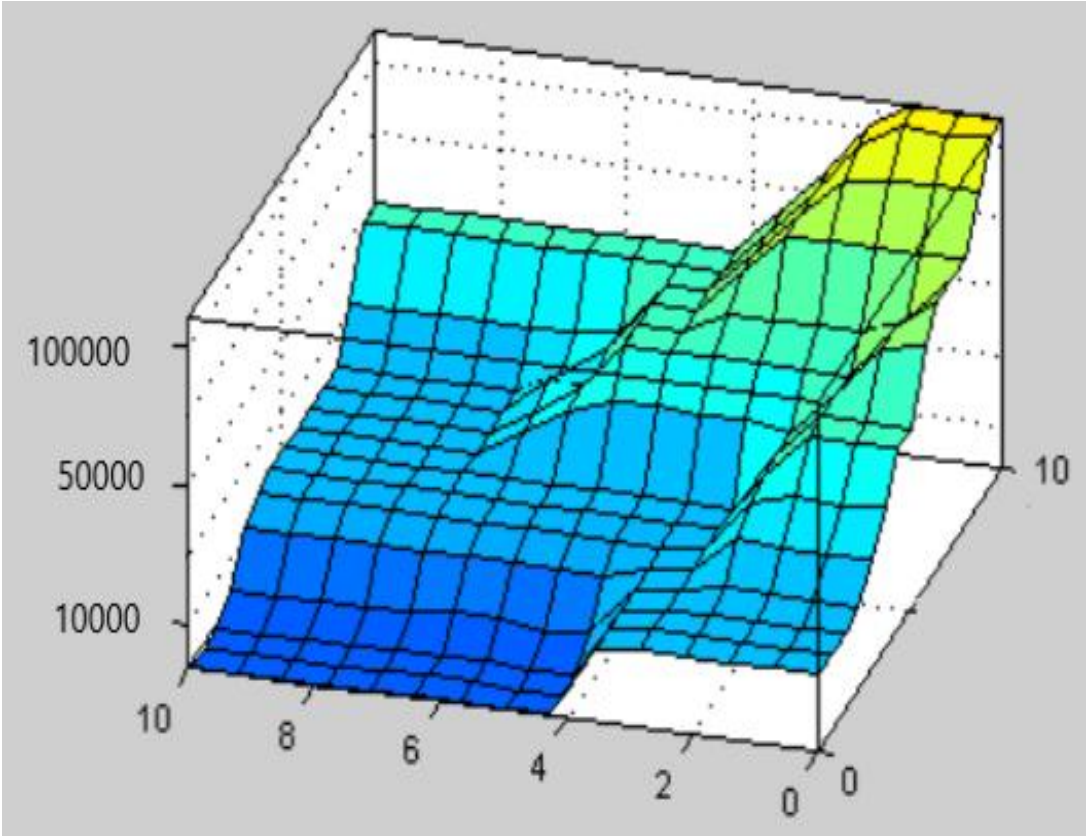


Figure 4.2 Matlap program.

5. CONCLUSION

During the study, hotels in Konya were examined by experts. Entrances and exits were determined through the assistance of numerous experts. The limits for the entrance and exit values were determined.

The number of inputs that could be fuzzyized by fuzzy logic was assumed to be five. These were price, personnel management, cleanliness, food quality, and facility amenities. The number of outputs was one, customer satisfaction. Five linguistic values were used for the input parameters: very low, low, medium, high, and very high. To verify the correct operation of the program, output results were calculated for the same input values using the FIS editor in Matlap and compared with the designed system results. Ultimately, the results obtained from the designed system were found to be accurate.

The inference and defuzzification methods used in the study are max-min inference and centroid, respectively. The purpose of using these methods is to ensure they are the most widely used.

Fuzzy logic is encountered in every aspect of daily life. It has many applications. This article presents an application for hotel management. In conclusion, this study demonstrates that fuzzy logic is a successful method for assessing customer satisfaction in hotel management. Accurately modeling the uncertainties in customer perceptions is crucial for improving service quality and enriching the customer experience. The findings obtained with the model offer sector-wide applicable recommendations and provide hotel managers with concrete decision-making support mechanisms.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

REFERENCES

[1] Ross, T. J. (2010). Fuzzy logic with engineering applications.

[2] Yen, J., & Langari, R. (1999). Fuzzy logic: Intelligence, control, and information. Prentice Hall.

[3] Zimmermann, H.-J. (2011). Fuzzy set theory—and its applications.

[4] Barrows, C. W., & Powers, T. (2018). Introduction to management in the hospitality industry.

[5] Walker, J. R. (2021). Introduction to hospitality.

[6] Hayes, D. K., & Miller, A. A. (2020). Revenue management for the hospitality industry.

[7] Kim, J., & Ko, E. (2020). Customer experience in hospitality and tourism: Digital transformation and consumer behavior. Tourism Management Journal, 78, 104–113.

[8] Saritas İ., Taskiran U., Unal Y., 2005. Control of heat of operating room by approach of fuzzy method, vol. 1, pp. 117–121, 4th International Advanced Technology Symposium.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

EFFECTIVENESS AND IMPLEMENTATION ANALYSIS OF LOCAL GOVERNMENTS' URBAN TRANSFORMATION POLICIES

Lect. Mehmet Nuri ÖDÜK

Selcuk University, mnurioduk@selcuk.edu.tr - ORCID ID:0000-0002-8799-2705

Assit.Prof.Dr. Naci BÜYÜKKARACIĞAN

Selcuk University, nacibk@selcuk.edu.tr – ORCID ID: 0000-0002-7944-8902

ABSTRACT

Urban renewal is a planned process that addresses the physical and environmental problems of cities and improves their quality of life. The commitment of local governments to this process is crucial to its success. Local governments are key players in the transformation process, both in implementing legislation and ensuring public participation.

Urban transformation initiatives have accelerated in Turkey following Law No. 6306 on the Transformation of Disaster-Prone Areas. Various models have been implemented in many cities. Konya, in particular, has set a notable example in recent years with its local government policies. These initiatives have generally been spearheaded by the Konya Metropolitan Municipality.

Konya Metropolitan Municipality and its district municipalities approach urban transformation policies not only from a physical perspective but also as a holistic urban development strategy. Projects implemented within this framework include goals such as reducing disaster risks, improving living spaces, strengthening transportation infrastructure, and ensuring environmental sustainability. The transformation projects implemented in the Selçuklu, Meram, and Karatay regions, in particular, are exemplary in terms of both economic revitalization and spatial integrity. During these processes, local governments also support the process socially through solutions to property ownership issues, citizen information meetings, and participatory planning approaches.

Some challenges faced in urban renewal demonstrate the effectiveness of local governments. The risk of displacement of low-income groups, inadequate participation processes, and funding shortfalls, in particular, impact renewal policies. In the case of Konya, the housing policies, rental assistance, and renewal practices developed by municipalities to overcome these challenges have created a significant balance.

In Konya, local governments' urban transformation policies positively impact physical transformation, social integration, and economic dynamism. Through active institutional coordination, stakeholder engagement, and a planning vision, transformation projects contribute to the city's identity. The example of urban transformation in Konya provides important examples of increasing the effectiveness of local government urban transformation policies across Turkey.

Keywords: Urban Transformation, Local Government Policies, Konya Metropolitan Municipality.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

2. INTRODUCTION

Urban transformation is the rapid changes occurring in the economic, social, and physical structures of cities. Central and local governments respond to these changes. The increasing pace of urbanization, population mobility, economic transformations, disaster risks, and spatial inadequacies are compelling contemporary city administrations to develop comprehensive, sustainable, and inclusive transformation policies. Urban transformation is not merely the renewal of physical space; it is a multidimensional process that requires a holistic approach to social justice, economic vitality, environmental sustainability, and governance principles. The success of local governments in this process plays a decisive role in the future resilience and quality of life of cities.

Urban transformation in Turkey has accelerated, particularly since the 1980s. With the rise of shantytowns, the intensification of unplanned urban development, and the increasing visibility of earthquake risks, the issue of risky construction has become a priority issue on the agenda of central and local governments. The 1999 Marmara Earthquake raised a stronger awareness of the problem of risky construction at the institutional level. Urban transformation policies were legally established with Law No. 6306 on the Transformation of Areas at Disaster Risk, enacted in 2012. During this process, local governments were tasked with critical tasks such as planning, implementation, financing, ensuring community participation, and project coordination. However, problems encountered at various stages of implementation, the social impacts of the transformation, and capacity differences among different municipalities make the effectiveness of the policies questionable [1].

Today, the effectiveness of local governments in urban transformation policies is evaluated not only by the number of projects implemented or the scale of the physical transformation, but also by multidimensional criteria such as economic efficiency, social inclusiveness, public consent, risk reduction capacity, environmental sustainability, and governance quality. Therefore, measuring the success of urban transformation policies requires an analytical and interdisciplinary approach. While local governments have varying areas of authority and responsibility, their relationships with all stakeholders in the transformation process, their capacity to develop and implement policies, their use of planning tools, and their financial resilience directly impact the outcomes of these policies [2].

This article analyzes the effectiveness of local governments' urban transformation policies, assesses their applicability and outcomes, outlines the challenges encountered, and examines areas for improvement within a scientific framework. We will also examine the implementation of the Konya Metropolitan Municipality.

3. URBAN TRANSFORMATION

It is defined as “the space where people live, the piece of land” and it is stated that cities are social units that are born, grow and change their structures like living beings [3].

Urban transformation is a multidimensional set of policies that is not limited to the renewal of the physical environment but encompasses social, economic, and environmental dimensions. In the literature, urban transformation is defined as planned interventions aimed at revitalizing worn-out, risky, or dysfunctional urban areas and creating a sustainable urban environment [4]. The primary objectives of urban transformation policies are to reduce spatial and social inequalities, eliminate risky building stock, improve the quality of urban life, and create

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

economic value. Therefore, transformation policies are located at the intersection of spatial planning disciplines, social policy, economics, law, environmental management, and local governance [5].

Turok identifies three distinguishing characteristics of contemporary urban transformation:

1. It aims to change the nature of a place and seeks to involve the community and other actors who will be involved in its future.
2. It encompasses multiple objectives and activities that intersect with the central government's core responsibilities, depending on the area's problems and potential.
3. It encompasses several forms of partnership between different stakeholders [6].

For a settlement to qualify as a city, it must possess certain characteristics. These are as follows:

1. Having reached a certain population size and population density,
2. The transition from agricultural production to industrial production, which is a more advanced level of production, and the development of the service sector,
3. The physical infrastructure of the settlement must have reached a certain level,
4. The traditional family structure has dissolved and been replaced by the nuclear family structure,
5. The population has reached a highly organized, complex division of labor and a high level of specialization,
6. Local values have been replaced by national or universal values.
7. Traditional relationships (community-type society) have dissolved and individual relationships or individual interests have come to the fore.
8. The level of education is higher than in rural areas and non-family institutions for child care and education have developed.
9. Social norms have been replaced by official regulatory institutions.
10. Statuses are not derived from the family but are earned through the efforts of individuals [7].

2.1. APPLICATION FORMS USED IN URBAN TRANSFORMATION

The nine implementation methods of urban transformation are as follows:

1. Renewal
2. Rehabilitation
3. Protection
4. Revitalization
5. Redevelopment
6. Regulation
7. Cleaning
8. Development by filling in gaps
9. Refreshing and polishing [8].

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

2.2 URBAN TRANSFORMATION PROCESS AND LAWS IN TURKEY

The foundations of urban transformation in Turkey lie in the emergence of shantytowns, a process that accelerated since the 1950s. The uncontrolled increase in rural-urban migration has led to an inability to meet housing demand in cities and the proliferation of unplanned, low-standard settlements [9].

Between 1950 and 1980, urban renewal was the legalization of shantytowns.

The 1966 Shantytown Law (No. 775) included provisions for the identification, demolition, rehabilitation, and liquidation of shantytowns; however, in practice, it was used more for rehabilitation and on-site legitimization [10].

The Mass Housing Law enacted in 1984 and the establishment of the Mass Housing Administration ensured that housing production was directed by the state, contributing to the formation of a significant financial and institutional pillar of urban transformation. The Metropolitan Municipality Law No. 3030, which came into force in the same year, allowed for the exercise of more comprehensive planning powers in metropolitan cities [11].

The 1990s, on the other hand, saw urban transformation develop primarily through the renewal of derelict areas, the improvement of historic city centers, and the elimination of infrastructure deficiencies. During this period, examples such as the rehabilitation efforts initiated in Sulukule, the Fener-Balat renewal project, and the Dikmen Valley Project were pioneers of transformation efforts that prioritized the social dimension but remained limited in terms of implementation [12].

The 1999 Marmara Earthquake exposed the risks inherent in urban building stock and shifted the focus of urban transformation policies toward a strategy focused on disaster risk. Post-earthquake reports emphasized the need to improve building quality across Turkey, rehabilitate risky structures, and strengthen zoning regulations [13].

Law No. 5366 on the Renovation, Protection, and Revitalization of Deteriorated Historical and Cultural Immovable Assets, which entered into force in 2005, enabled transformation, particularly in historical areas. This law implemented projects focused on physical renewal and restoration in areas such as Suriçi, Fener-Balat, and Tarlabaşı; however, various debates arose regarding the preservation of the social fabric [14].

Law No. 6306 on the Transformation of Areas at Disaster Risk, adopted in 2012, is a milestone in urban transformation in Turkey. With this law:

- Processes for identifying risky buildings and risky areas have been defined,
- State support has been established to finance the transformation process,
- TOKİ and the Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change have been authorized,
- Procedures regarding ownership, evacuation, and demolition have been clarified.

This regulation enabled the implementation of comprehensive projects across the country by placing the focus of urban transformation on the axis of disaster safety [15].

4. URBAN TRANSFORMATION APPLICATIONS IN KONYA

Local governments play a significant role in urban transformation. These transformations are implemented by the Municipality, the Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change, and the Housing Development Administration (MHA), driven by needs and requests from citizens. This initiative is supported by the Metropolitan Municipality and the Housing

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Development Administration, due to limited financial resources in smaller municipalities. Local governments play an active role in these projects. The phased implementation of these projects, along with their lengthy process, results in the need for financial support from diverse stakeholders. Furthermore, the lack of sufficient expertise and the failure to consult with other institutions or organizations in decision-making can lead to some disruptions during municipal project implementation.

Municipalities use two different methods when implementing transformation projects. First, a new site is constructed elsewhere in place of the demolished site. In the second method, a new city is built on the site of the demolished site. Furthermore, under the newly enacted Law No. 6306, individuals can transform residential areas they claim are unhealthy themselves, with municipal permission and the assistance of a contractor.

The Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change in Konya and Konya Metropolitan Municipality briefly outlines the urban transformation projects.

1. Tomb-front bazaars: Located next to Mevlana Square and designated as an Urban Renewal Area, the Mevlana Bazaar and the Gold Bazaar were demolished, and renovations were completed in both sections. A project encompassing a total construction area of 20,354 square meters was undertaken in the area created by the demolition of the Mevlana Bazaar. This project included the completion of 89 shops, two restaurants, a two-story underground parking garage, and landscaping and landscaping.

2. Urban renewal project behind the Mevlana tomb: This is a significant urban transformation project undertaken in collaboration with the Karatay Municipality and the Konya Metropolitan Municipality. This project aims to preserve the city's historical and cultural heritage by incorporating the tomb of Rumi.

The primary goal of the project is to bring the area surrounding Rumi's tomb and this important historical site up to modern standards, ensuring a comfortable environment for visitors. It also aims to revitalize the area commercially, culturally, and socially, and breathe new life into the city.

3. Greater larende transformation: As one of Türkiye's most important projects, it aims to revitalize Konya's historical and cultural fabric. The project aims to reconstruct the Larende district and preserve its historical fabric. This includes revitalizing the old city walls and the Larende Gate, and revitalizing the region's cultural, historical, and social life.

In the first phase, the shops located in the former Animal Market area were relocated to a new location where tradespeople could acquire property with long-term opportunities. During this process, support was provided to tradespeople regardless of their ownership or tenancy status. This urban transformation project was implemented in collaboration with the Meram Municipality and the Konya Metropolitan Municipality.

4.Old Industrial Transformation: As part of the urban renewal initiative undertaken by the Konya Metropolitan Municipality, the relocation of the Old Industrial Zone and Karatay Industrial Zone is planned. To this end, a 2,080,000-square-meter plot of land belonging to the Konya Metropolitan Municipality, located within the Karatay district, has been allocated for the New Motor Industrial Zone. Construction on this significant project, led by the Housing Development Administration, has begun and is rapidly approaching completion. The New Motor Industrial Zone comprises a total of 2,824 independent units, including 2,690 industrial workplaces and 134 commercial businesses.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

5.Şükran Neighborhood project: Şükran Neighborhood will be rebuilt on a 37,400 m² site, true to its original plan. The transformation, carried out in collaboration with Konya Metropolitan Municipality and the Meram Municipality, will increase the city center's commercial and tourism potential. The project will consist of seven blocks across three blocks, with shops spanning a minimum of 12 m² and a maximum of 143 m². Offices will range from a minimum of 24 m² to a maximum of 300 m², and the total parking area will be 4,628 m² with a capacity of 105 vehicles.

6. Heavy Maintenance urban transformation: The foundation of the Heavy Care Urban Transformation and the 56th Maintenance Factory Directorate was laid with the transformation to be carried out in an area of 640 thousand square meters in the Heavy Care region.

7. Facade rehabilitation around the Karapınar Selimiye Social Complex: In cooperation with the Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change, Konya Metropolitan Municipality and Karapınar Municipality, rehabilitation works were carried out for 180 shops and 80 residences on Konya and İnönü streets in Karapınar.

8.Ilgın Ottoman town square urban transformation: The Ilgın Ottoman Town Square Urban Transformation Project is designed to preserve and promote the historical, cultural, and architectural heritage of the Ilgın district. The project will cover an area of 26,430 square meters and consist of two distinct squares that will provide a breath of fresh air to the city. These squares will not only serve commercial activities but will also enliven Ilgın's social and cultural life.

9. Urban transformation of Kadınhanı historical square: Urban transformation work has been carried out in the Ünveren neighborhood of the Kadınhanı district by the Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change, the Konya Metropolitan Municipality, and the Kadınhanı Municipality. The project covers a transformation work consisting of 100 independent sections in Kadınhanı. The following information is taken from the Kadınhanı Municipality archives [16].

Figure 3.1 Kadınhanı district urban transformation area.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Figure 3.2 Ownership distributions in the urban transformation area of Kadınhanı district.

Table 3.1 List of ownership distributions in the area where urban transformation will be carried out

OWNERSHIP DISTRIBUTION	AREA SIZE	AREA RATIO	NUMBER OF INDEPENDENT UNITS	NUMBER OF BENEFICIARIES
KADINHANI MUNICIPALITY	6368	% 20,2	36	-
SPECIAL	16098	% 51,2	150	350
PATH	6483	% 20,6	-	-
CADRASTALS ROAD	2329	% 7,4	-	-
TEDAŞ	122	% 0,38	1	-
TOTAL	31400	% 100	187	350

Table 3.2 Occupancy rate of the area where urban transformation will be carried out

BUILDING LICENSE STATUS	NUMBER OF BUILDINGS	RATIO
LICENSED BUILDINGS	26	26,00%
BUILDINGS BENEFITTING FROM THE DEVELOPMENT AMNESTY	0	0,00%
UNLICENSED BUILDINGS	74	74,00%
TOTAL	100	100,00%

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Table 3.3 Construction status of the area where urban transformation will be carried out

CONSTRUCTION STATUS	m^2	RATIO
BUILT-UP AREA	10480,33	23,97%
UN BUILT-UP AREA	20994,67	76,03%
TOTAL	31475	100,00%

Tablo 3.4 Usage status of the area to be urban transformed

LAND USE	NUMBER OF BUILDINGS	RATIO
HOUSING	38	38,00%
TRADE	59	59,00%
TRAFO	1	1,00%
UNDER-HOUSE TRADE	2	2,00%
TOTAL	100	100,00%

2 CONCLUSION

Urban transformation is spearheaded by central and local governments. The effectiveness of local governments, their implementation processes, and the structural dynamics encountered are examined through the example of the Konya Metropolitan Municipality. The transformation projects implemented in Konya in recent years offer remarkable implementations in terms of local governments' planning capacity, holistic vision, and understanding of sustainability. However, for urban transformation to be fully successful, there are areas that require improvement in areas such as participation, institutional coordination, social impact management, and economic feasibility.

In the urban transformation projects undertaken by the Konya Metropolitan Municipality, the priority objectives are to reduce the risky building stock, increase disaster resilience, rehabilitate derelict areas, and preserve and revitalize historical and cultural fabric. It can be said that improving quality of life and enhancing urban aesthetics are key objectives. These goals, while aligned with Turkey's general urban transformation policies, demonstrate the creation of a strategic framework localized to Konya's social, geographic, and economic characteristics.

The majority of the transformation projects implemented in Konya are based on planning discipline, technically sound, and incorporate a long-term urbanization vision. The municipality's approach to the preservation of cultural heritage sites and tourism, in particular, revitalizes the local economy and ensures the preservation of its historical identity.

The Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change, the Konya Metropolitan Municipality, and district municipalities are implementing numerous urban transformation projects in Konya. One of these projects is the joint project with the Kadınhanı Municipality in the Kadınhanı district. The reasons why the area was considered a risky area and the decision to implement urban transformation are summarized below.

The majority of the buildings have completed their usage and physical lifespan,

- The low implementation rate of the current zoning plan can be attributed to various reasons, including:
- The lack of a public transportation line due to the transportation network;
- The substandard infrastructure;
- The lack of social and cultural facilities for the local community;
- The lack of playgrounds for the children of residents;
- The lack of transportation planning and grading in the area;
- The inadequacy of commercial buildings to meet the needs of the area;
- Finally, the low implementation rate of the current zoning plan.

This area, which includes 30 shops and 70 residences, aims to revitalize social and commercial life. The Kadınhanı Urban Transformation Project was completed in 2025.

REFERENCES

[1] Özdemir, S., & Güler, D. (2019). Kentsel dönüşüm projelerinde yerel yönetimlerin rolü. Kent ve Politika Dergisi, 5(2), 67–89.

[2] Ersoy, M. (2020). Türkiye'de kentsel dönüşüm politikalarının dönüşümü. İdeal Kent Yayınları.

[3] Keleş, R. (2004), "Kentsel Dönüşümün Tüzel Altyapısı", Mimar İst., Yıl: 4, Sayı:12.

[4] Roberts, P. & Sykes, H. (2000). Urban regeneration.

[5] Turok, I. (2016). The evolution of urban policy. Regional Studies, 50(6), 1020–1035.

[6] Turok, I. (2005). Urban Regeneration: What can be done and What should be avoided.

[7] Erkan, R. (2002), "Kentleşme ve Sosyal Değişme". Ankara: Bilim Adamı Yayınları

[8] Şişman, A. Kibaroğlu, D. (2009), TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı. Ankara.

[9] Tekeli, İ. (2011). Türkiye'nin kentleşme deneyimi, Tarih Vakfı Yurt Yayınları.

[10] Keleş, R. (2016). Kentleşme politikası, İmge Kitabevi.

[11] Özdemir, S. & Güler, D. (2019). Kentsel dönüşüm projelerinde yerel yönetimlerin rolü. Kent ve Politika Dergisi, 5(2), 67–89.

[12] Roberts, P. & Sykes, H. (2000). Urban Regeneration Congress.

[13] Erdin, H. E. & Erdin, A. (2011). Deprem sonrası kentsel dönüşüm politikaları. Planlama Dergisi, 21(2), 45–58.

[14] Çavuşoğlu, E. & Strutz, J. (2014). Urban renewal in Istanbul 51(13), 2886–2903.

[15] Şahin, S. (2016). Türkiye'de afet odaklı kentsel dönüşüm uygulamaları.

[16] Kadınhanı Belediyesi arşivi.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

MECHANICAL RESPONSE OF MULTIAXIAL GLASS FIBER WOVEN-REINFORCED POLYESTER COMPOSITE MATERIALS

Metallurgical and Metarials Engineer İbrahim KURTEN
SUBOR Pipe Co., ibrahimkrtn@gmail.com, 0000-0002-5862-5359
Prof. Dr. Hüseyin ÜNAL
Sakarya University of Applied Sciences, unal@subu.edu.tr, 0000-0003-0521-6647
Metallurgical and Metarials Engineer Nisan YEŞİL
SUBOR Pipe Co., nisan.kuyumcu@subor.com.tr, 0000-0001-9279-4976
Mechanical Engineer Mert SELMANOĞLU
SUBOR Pipe Co., mert.selmanoglu@subor.com.tr, 0000-0002-6122-3094

ABSTRACT

This study investigates the flexural properties of unsaturated polyester composites reinforced with multi-axially woven E-glass fibers (−45/90/+45, 800 g/m²) produced via the hand lay-up technique. The influence of fiber orientation on flexural strength, modulus, and strain was systematically evaluated using three principal loading directions (0°, 45°, and 90°) and compared with neat polyester as the control. Results demonstrate a pronounced anisotropic behaviour dictated by the fiber architecture. The flexural strength exhibited substantial improvements relative to the neat resin (80 MPa), reaching 105 MPa, 203 MPa, and 235 MPa in the 0°, 45°, and 90° directions, respectively, corresponding to increases of 31.2%, 153.7%, and 193.7%. Similarly, the flexural modulus showed significant enhancement, with values of 3070 MPa (0°), 3600 MPa (45°), and 3490 MPa (90°) compared to 1710 MPa for neat polyester, representing increases of 79.5%, 110.5%, and 104.4%. Flexural strain results revealed a mixed trend: an increase in the 45° direction (9.1%, 18% higher than control) and decreases in the 0° (6.0%, −22%) and 90° (5.8%, −24.7%) directions, reflecting the combined effects of fiber alignment, matrix constraint, and shear-lag-mediated off-axis deformation. The observed variations confirm that multi-axial reinforcement significantly improves stiffness and strength, while strain behavior is highly orientation-dependent due to fiber–matrix interactions and the restriction of matrix deformation by stiff glass fibers. Generaly, the findings highlight the effectiveness of hand lay-up-produced multi-axial E-glass woven laminates in enhancing flexural performance, suggesting their potential applicability in lightweight structural components where multi-directional load resistance and mechanical reliability are critical.

Keywords: Woven glass fiber, Composite, Unsaturated polyester, Flexural properties.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ÇOK EKSENLİ CAM ELYAF DOKUMA TAKVİYELİ POLYESTER KOMPOZİT MALZEMELERİN MEKANİK PERFORMANSLARI

ÖZET

Bu deneysel çalışma, elle yatırma yöntemi ile üretilmiş, çok eksenli dokuma E-cam elyafları (−45/90/+45, 800 g/m²) ile takviye edilmiş doymamış polyester kompozitlerin eğilme davranışını incelemektedir. Elyaf yöneliminin eğilme mukavemeti, eğmedeki Elastiklik modülü ve eğmedeki deformasyon oranı üzerindeki etkisi, üç temel yükleme yönünde (0°, 45° ve 90°) sistematik olarak araştırılmış ve saf polyester referans olarak kullanılmıştır. Sonuçlar, elyaf dokuma özelliğine göre belirgin bir anizotropik davranış gösterdiğini ortaya koymaktadır. Eğilme mukavemeti, saf reçineye (80 MPa) kıyasla önemli ölçüde artmış; 0°, 45° ve 90° yönlerinde sırasıyla 105 MPa, 203 MPa ve 235 MPa değerlerine ulaşmış ve bunlar sırasıyla %31,2, %153,7 ve %193,7'lik artışlara karşılık gelmiştir. Benzer şekilde, eğmedeki elastiklik modülü de önemli ölçüde artmıştır. 0°, 45° ve 90° yönlerinde sırasıyla 3070 MPa, 3600 MPa ve 3490 MPa değerleri elde edilmiştir. Saf reçineye göre artışlar sırasıyla %79,5, %110,5 ve %104,4 oranında olmuştur. Eğmedeki deformasyon oranı ise karışık bir eğilim göstermiş; 45° yönünde artarken (%9,1, saf reçineye göre %18 artış), 0° (%6,0, −%22) ve 90° (%5,8, −%24,7) yönlerinde azalmıştır. Bu durum, elyaf yönelimi, matris kısıtlaması ve eksen dışı kayma deformasyonunun birleşik etkilerini yansıtmaktadır. Bulgular, çok eksenli takviyenin kompozitin mukavemetini önemli ölçüde artırdığını, eğmedeki deformasyonunun ise elyaf/matris etkileşimleri ve sert cam elyafların matris deformasyonunu kısıtlaması nedeniyle yön bağımlı olduğunu doğrulamaktadır. Genel olarak, çok eksenli E-cam dokuma laminatların eğilme performansını artırdığı ve çok yönlü yük dayanımı ve mekanik güvenilirliğin kritik olduğu hafif yapısal uygulamalar için muhtemel kullanımını vurgulamaktadır.

Anahtar kelimeler: Dokuma cam elyaf, Kompozit, Doymamış polyester, Eğilme özellikleri

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

1.INTRODUCTION

Polymer-based composite materials have emerged as a pivotal class of engineering materials due to their high specific strength, lightweight nature, and versatility in tailoring mechanical properties to meet specific application requirements **[1,2].** Among these, unsaturated polyester composites reinforced with glass fibers are widely utilized in aerospace, automotive, marine, and structural applications, owing to their superior stiffness, corrosion resistance, and cost-effectiveness **[3-7].** The mechanical performance of fiber-reinforced composites is strongly influenced by fiber type, volume fraction, and orientation within the polymer matrix **[8].** In particular, multiaxially woven glass fiber fabrics, arranged in configurations such as −45/90/+45, enable load transfer in multiple directions, enhancing flexural strength and stiffness compared to unidirectional or randomly oriented reinforcements **[2].** Hand lay-up is one of the simplest and most widely used fabrication techniques for producing fiber-reinforced polymer composites, allowing for controlled placement of woven fabrics and effective resin impregnation **[1].** This technique, when applied to multi-axial E-glass fabrics, can result in laminates with pronounced anisotropic mechanical properties, where flexural performance is highly dependent on the specimen orientation relative to fiber alignment. Previous studies have shown that flexural strength and modulus increase significantly in directions aligned with fibers, while off-axis loading may limit strain capacity due to matrix-dominated deformation and shear-lag effects **[7,8].**

In this study, multiaxial (−45/90/+45) E-glass woven polyester composites were produced via hand lay-up, and their flexural properties-including strength, modulus, and strain- were systematically investigated as a function of specimen orientation. The results were compared to neat polyester to quantify the improvements imparted by fiber reinforcement and to provide insight into the role of fiber orientation in governing laminate mechanical behaviour.

2. MATERIALS AND METHOD

2.1. Materials

In the production of the composite material, a thermoset unsaturated polyester resin was used as the matrix along with reinforcement additives. The unsaturated polyester, a terephthalic type resin, was supplied by Boytek, Istanbul, Turkey. To cure the polyester resin at room temperature, Methyl Ethyl Ketone Peroxide (MEKP) was employed as the hardener. As a strength-enhancing reinforcement, MX800 multiaxial glass fiber fabric was incorporated, which was obtained from **Kompozit Pazarı Co., Istanbul**, Turkey. In addition, Figure 1 shows a schematic representation of the glass fibre woven fabric used in the experiments.

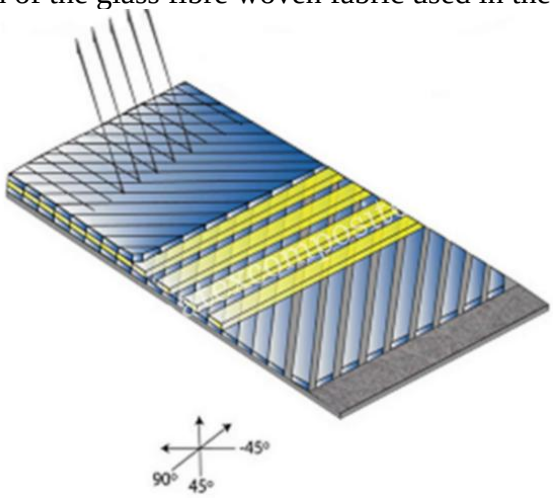


Figure 1. Glass fibre woven fabric arrangement

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Table 1. glass fibre woven fabric properties

Mode	Total weight (gr/m^2)	-45° Density (gr/m^2)	90° Density (gr/m^2)	+45° Density (gr/m^2)	Polyester yarn (gr/m^2)
MX800	800	200	400	200	7

2.2. Preparation of Composites

The multi-axial (−45/90/+45, 800 g/m²) glass-fiber woven- reinforced polyester composites were fabricated using the hand lay-up technique, which allows for precise control over fiber placement and resin impregnation. Initially, the unsaturated polyester resin was degassed and mixed with the appropriate catalyst and accelerator to ensure uniform curing. Subsequently, the E-glass woven fabrics were cut according to the desired laminate dimensions and laid manually into the mould in the specified stacking sequence. Each layer of fabric was thoroughly impregnated with the prepared resin using a roller to eliminate air bubbles and ensure complete wetting of the fibers. After stacking all plies, the laminate was covered with a release film and subjected to a uniform hand-applied pressure to consolidate the layers and minimize void formation. The composite was then left to cure at ambient temperature for the specified duration, followed by post-curing at elevated temperature to achieve full crosslinking and optimal mechanical properties. Finally, the cured laminate was de-moulded and machined into standardized test specimens according to ASTM D790 for flexural testing. This fabrication process ensures homogeneous fiber distribution, strong fiber–matrix adhesion, and reproducible mechanical performance across the produced laminates.

2.3. Mechanical Tests

2.3.1. Flexural Test

Figure 2 shows a schematic representation of the bending test apparatus used to conduct bending tests on glass fibre woven fabric reinforced polyester composites. The flexural properties of the multiaxial (−45/90/+45, 800 g/m²) glass-fiber woven reinforced polyester composites were evaluated using a three-point bending test according to ASTM D790 standards. Specimens with uniform dimensions were placed on a support span and loaded at the midpoint with a universal testing machine at a constant crosshead speed. During the test, the applied load (P) and the corresponding mid-span deflection (ε) were recorded continuously. The flexural strength (σf) was calculated using the relation:

$$\sigma = \frac{3PL}{2bh^2}$$

where P is the maximum load (N), L is the support span (mm), b is the specimen width (mm), and h is the specimen thickness (mm). The flexural modulus (Ef) was determined from the initial linear slope of the load–deflection curve according to:

$$E_f = \frac{L^3 m}{4bd^3}$$

where m is the slope of the load–deflection curve (N/mm). The flexural strain at the outer fiber (εf) was calculated using:

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

$$\varepsilon = \frac{6Dh}{L^2}$$

where ε is the deflection at maximum load. These calculations allow for quantification of the composite's stiffness, strength, and deformation characteristics, providing a comprehensive understanding of the influence of fiber orientation on bending performance.

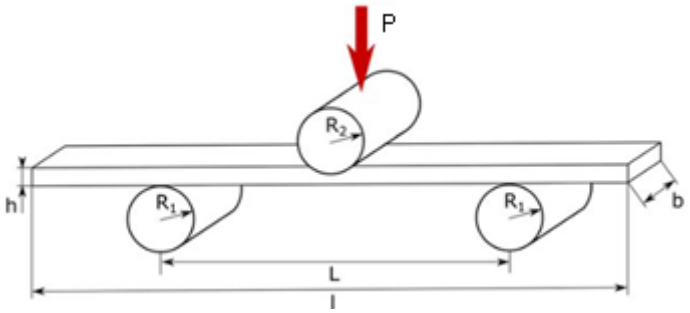
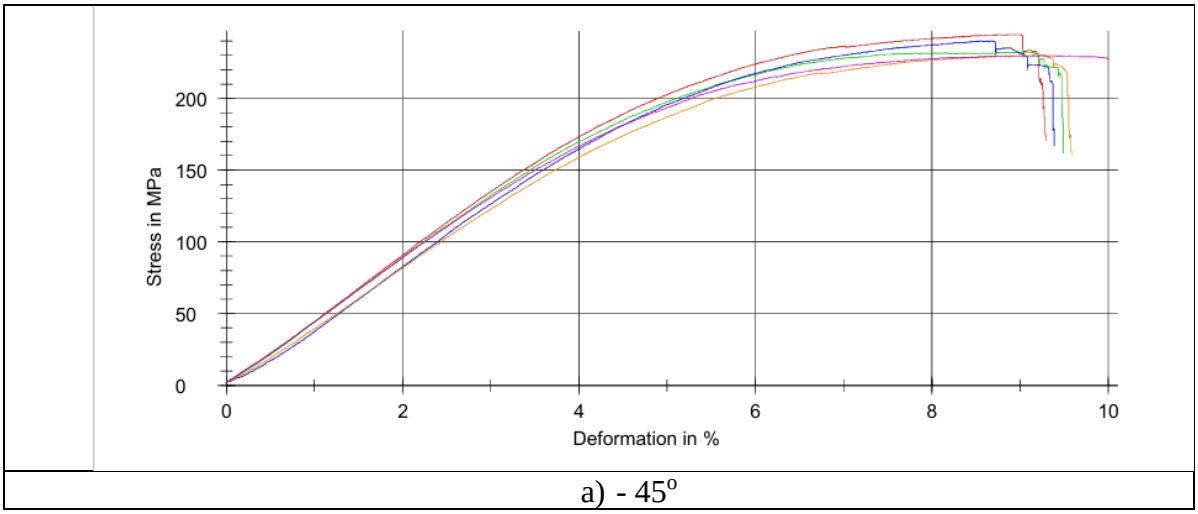


Figure 2. Schematic test setup for the three-point bending test (ISO 14125)

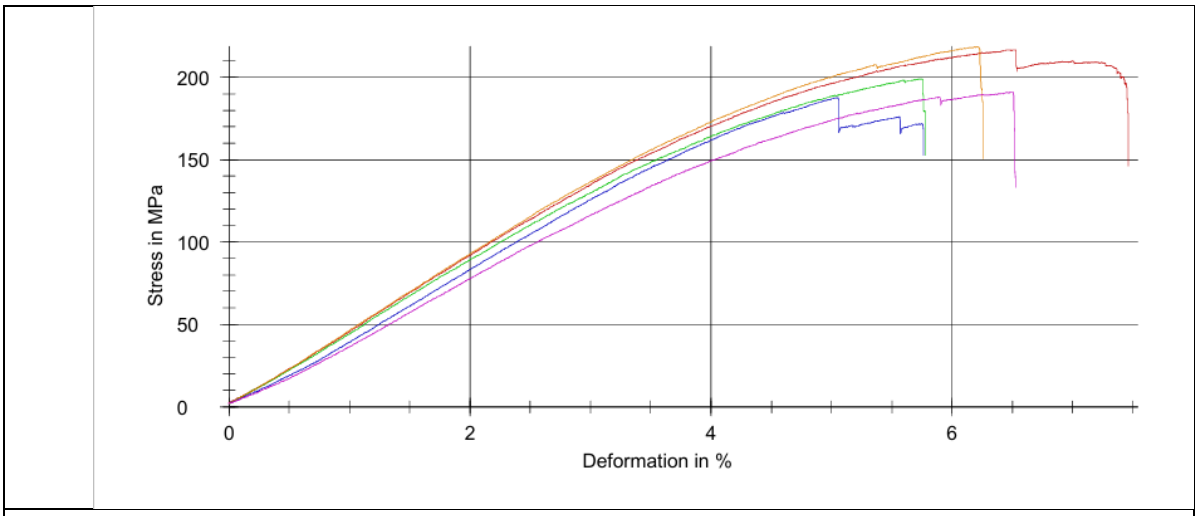
3. RESULTS AND DISCUSSION

Figure 3 illustrates the relationship between flexural stress and bending strain for the multi-axial (−45/90/+45, 800 g/m²) glass-fiber woven unsaturated polyester composites. For each flexural test, a minimum of five specimens were tested, and the arithmetic mean of the measured values was reported. As shown in the figure, the presence of fibers in the 45° and 90° directions resulted in flexural stresses exceeding approximately 200 MPa. In contrast, the absence of fiber alignment along the 0° direction led to a reduction in flexural strength, highlighting the significant influence of fiber orientation on the bending performance of multi-axial composites.

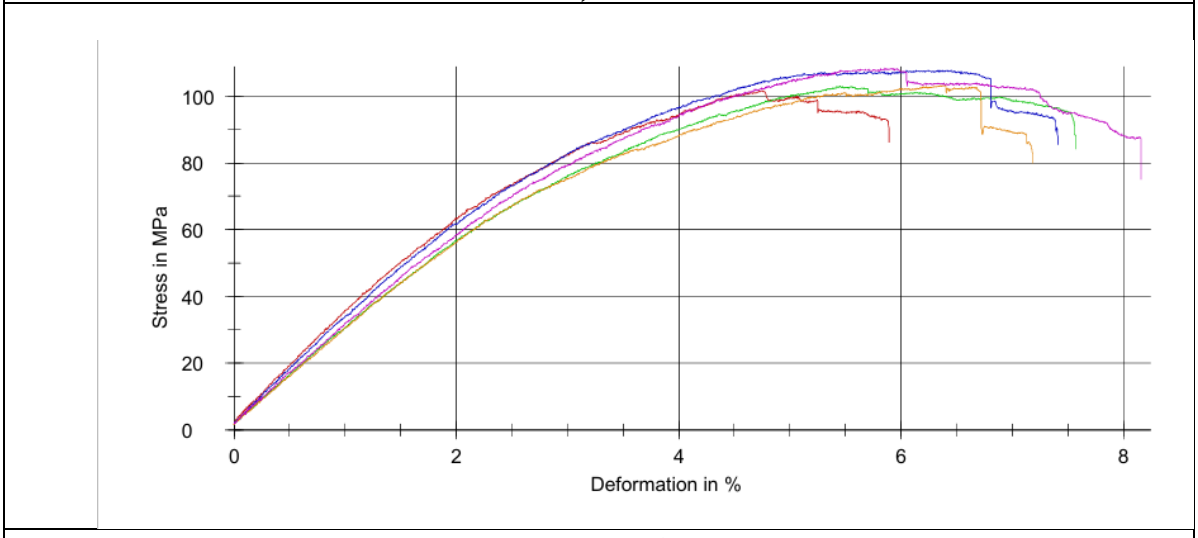


a) - 45°

ISBN NR: 978-625-5694-58-4



b) + 45°



c) 90°

Figure 3. Flexural stress-strain ratio of polyester composite reinforced with multiaxial-45/90/+45 glass fibre fabric (800g/m²)

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

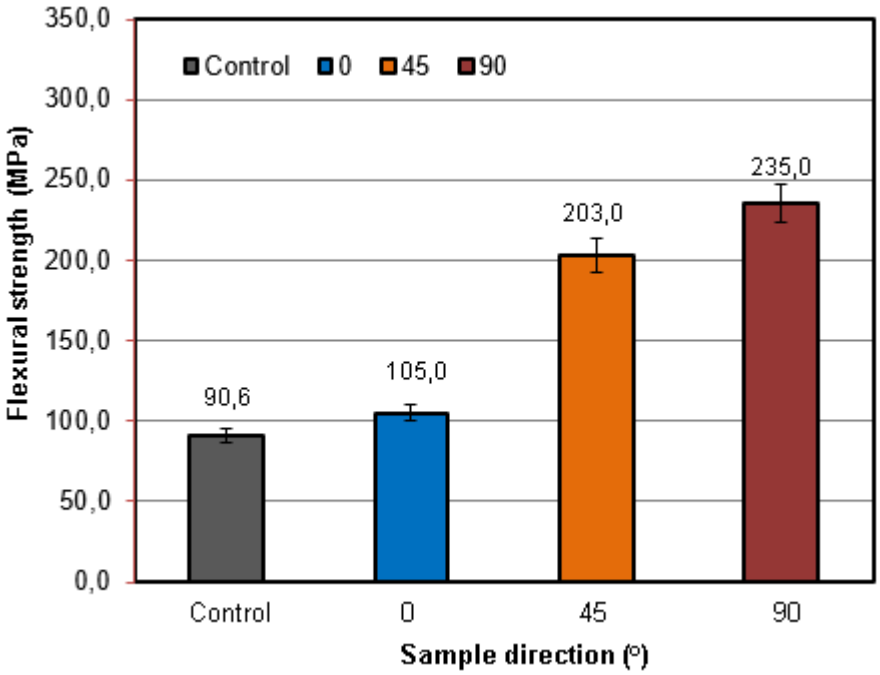


Figure 4. Multi-axial -45/90/+45 glass fibre weave, flexural strength of 800g/m² reinforced polyester composite in bending - relationship with sample orientation

Figure 4 illustrates the variation of flexural strength of the multi-axially woven (−45/90/+45, 800 g/m²) glass-fiber reinforced unsaturated polyester composite as a function of specimen orientation. The results clearly show a pronounced anisotropic behaviour arising from the fiber architecture [1,2] The highest flexural strength was obtained in the 90° direction (235 MPa), followed by the 45° direction (203 MPa), whereas the lowest value was measured in the 0° orientation (105 MPa). When these values are compared with the typical flexural strength of neat polyester resin (80MPa), the composite exhibits substantial improvements of approximately 31.2, 153,7% and 193.7% in the 0°, 45° and 90° directions, owing to the effective alignment of fibers with the principal bending stresses and the high areal weight of the reinforcement [2,6]. In these orientations, the fibers carry the majority of the tensile and compressive stresses in the outer layers during bending, resulting in fiber-dominated and thus higher-strength failure modes [6]. In contrast, the 0° specimens, which lack fibers aligned with the loading direction, exhibit only a marginal increase over the neat resin, and failure is predominantly matrix-controlled due to the off-axis loading of the ±45° plies and limited axial stiffness contribution from the fiber network. This pronounced orientation dependence confirms that the mechanical response of multi-axial woven composites is governed primarily by fiber alignment, shear-lag effects, and the efficiency of load transfer across the fiber–matrix interface [7,8].

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

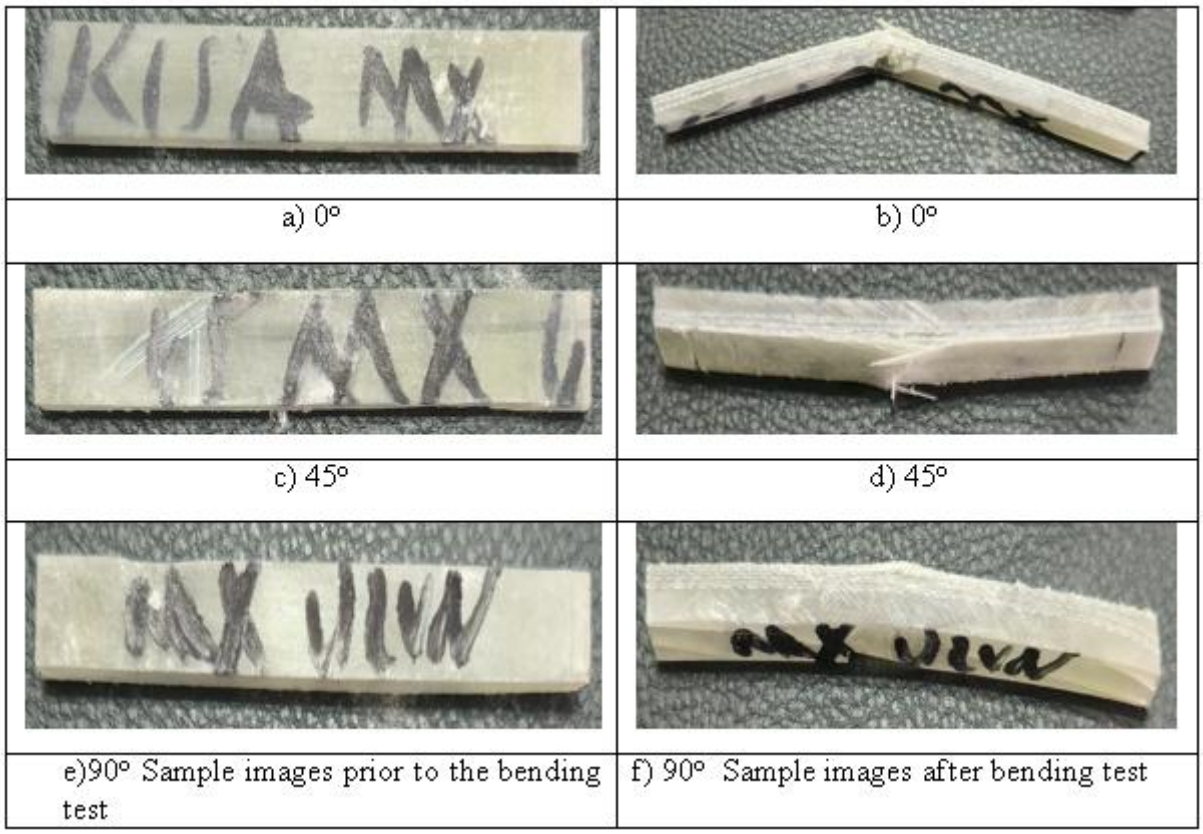


Figure 5. Multiaxial -45/90/+45 glass fibre woven, 800g/m² reinforced polyester composite bending test specimen images before a) 0° c)45 ° and e) 90° and b) 0° d)45 ° and f) 90° after testing

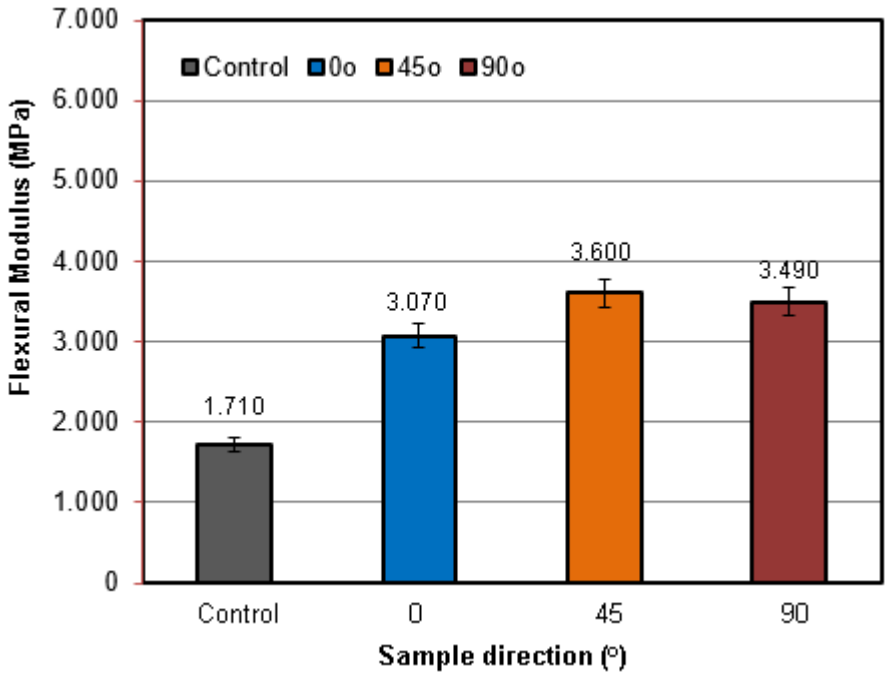


Figure 6. Multi-axial -45/90/+45 glass fibre weave, Flexural Modulus of 800g/m² reinforced polyester composite in bending - relationship with sample orientation

Figure 6 illustrates the flexural modulus values of the multi-axially woven (−45/90/+45, 800 g/m²) glass-fiber reinforced polyester composite depending on specimen orientation. The neat

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

polyester control exhibited a flexural modulus of 1710 MPa, whereas the composite reached 3070 MPa (0°), 3600 MPa (45°), and 3490 MPa (90°), corresponding to increases of approximately 79.5%, 110.5%, and 104.4%, respectively. Such substantial improvements are consistent with classical micromechanical models, which indicate that the modulus of fiber-reinforced polymers is strongly governed by the intrinsic stiffness of the fibers and the efficiency of load transfer through the fiber-matrix interface [1–3]. In this laminate, the ±45° and 90° plies contribute significantly to flexural rigidity by resisting both axial and in-plane shear deformation, while the high areal weight of the reinforcement further increases the effective fiber volume fraction, thus enhancing stiffness in all orientations [1]. Even in the 0° direction-where fibers are not directly aligned with the bending axis-the modulus remains markedly higher than that of the neat resin due to shear-lag effects, which enable off-axis fibers to participate in load carrying and constrain matrix deformation [3,4]. Overall, the results confirm that multi-axial glass-fiber architectures substantially improve the flexural stiffness of polyester composites through efficient stress redistribution and fiber-dominated deformation behaviour.

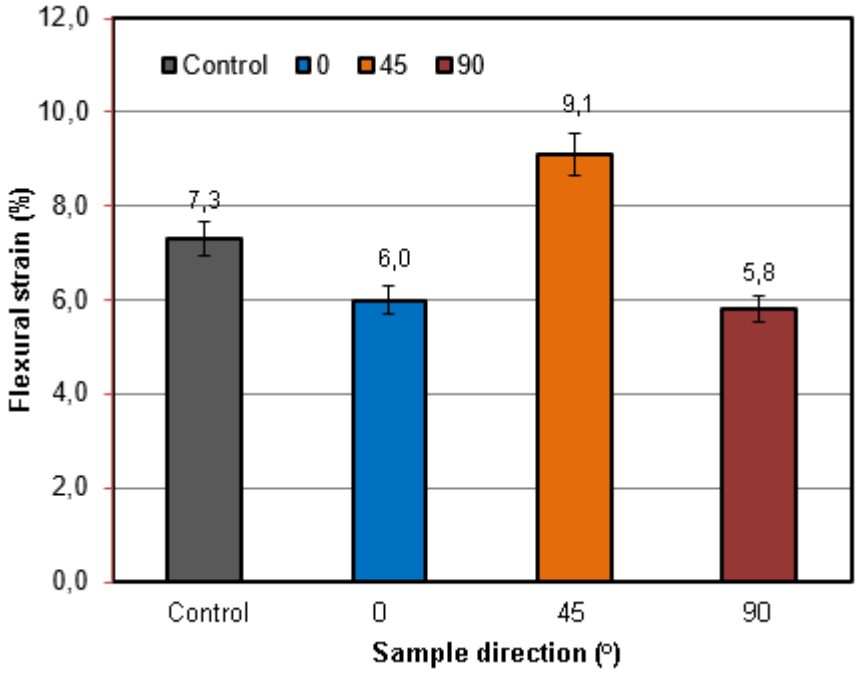


Figure 7. Multi-axial -45/90/+45 glass fibre weave, maximum deformation ratio of 800g/m² reinforced polyester composite in bending - relationship with sample orientation

Figure 7 presents the flexural strain values of the multi-axially woven (−45/90/+45, 800 g/m²) glass-fiber reinforced unsaturated polyester composite as a function of specimen orientation. The neat polyester exhibited a flexural strain of 7.7%, whereas the composite reached 6.0% (0°), 9.1% (45°), and 5.8% (90°). These correspond to a 22% decrease in the 0° direction, an 18% increase in the 45° direction, and a 24.7% decrease in the 90° direction relative to the control material. Such orientation-dependent variations are consistent with the known deformation mechanisms in fiber-reinforced composites, where strain capacity is governed by fiber alignment, the ductility of the polymer matrix, and shear-dominated deformation in off-axis plies [1,3]. The increase in strain at 45° is attributed to the favourable contribution of ±45° plies, which deform through in-plane shear and delay catastrophic fiber fracture, allowing the laminate to achieve higher strain before failure [2,3]. Conversely, the reductions observed in the 0° and 90° directions reflect the influence of stiff glass fibers aligned closer to the loading axis, which constrain matrix deformation and promote earlier micro-crack initiation or fiber–

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

matrix interface debonding, ultimately reducing the overall strain at break [1,8]. These findings indicate that flexural strain behaviour in multi-axial woven composites is controlled by the balance between matrix-dominated deformation and fiber-restricted stiffness, which varies significantly with orientation.

4. CONCLUSION

1. The incorporation of multi-axial glass fiber fabrics significantly enhanced the mechanical performance of polyester composites, particularly in terms of tensile strength, flexural strength, and impact resistance, owing to improved load distribution across multiple fiber orientations.
2. Fiber orientation and stacking sequence proved to be critical parameters, as laminates with balanced ±45° and 0/90° configurations demonstrated superior stiffness and reduced anisotropy compared to unidirectional-dominant architectures.
3. Improved interfacial bonding between the polyester matrix and glass fibers contributed to higher energy absorption and delayed failure mechanisms, which is consistent with observations in previous composite studies.
4. Increasing the areal weight and layer count of multi-axial fabrics yielded proportional improvements in flexural modulus, although excessive fiber content sometimes reduced matrix wet-out efficiency, leading to localized stress concentrations.
5. Overall, multi-axial reinforcement demonstrated a strong potential for structural composite applications, offering a balance of high strength, enhanced durability, and improved damage tolerance when compared with traditional woven or chopped-strand reinforcements.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to express their gratitude to SUBOR Pipe Co. and its management for their support in terms of materials, production and testing.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

REFERENCES

1. Hull, D., and Clyne, T.W. (1996). An Introduction to Composite Materials, (2nd ed.). Cambridge University Press.
2. Daniel, I. M., and Ishai, O. (2006). Engineering Mechanics of Composite Materials, (2.nd Edition). Oxford University Press.
3. Hayder, N.M. and Mahmood, I.A. (2022). Improving the Mechanical Properties of a Car Bumper by Using Glass Fiber Reinforced Composite Laminates and Nano-ceramic Filler. Iraqi J. Ind. Res., *9*, 100–108.
4. Rajak, D.K., Pagar, D.D., Menezes, P.L. and Linul, E., (2019), Fiber-reinforced polymer composites: Manufacturing, Properties, and Applications. Polymers, 11(10) 1667.
5. Stickel, J.M. and Nagarajan, M. (2012), Glass Fiber-Reinforced Composites: From Formulation to Application. Int. J. Appl. Glass Sci. *3*, 122–136
6, Jesthi, D.K. and Nayak, R.K. (2019). Improvement of mechanical properties of hybrid composite through interply rearrangement of glass and carbon woven fabrics for marine applications. Compos. Part.-B Eng. 168, 467–475.
7. Agarwal, B. D., Broutman, L. J., and Chandrashekhara, K. (2018). Analysis and Performance of Fiber Composites, (4th edition). Wiley Publication.
8. Jones, R. M. (1999). Mechanics of Composite Materials Book. (2nd edition). CRC Press, Taylor & Francis Group.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

CHARACTERIZATION OF MECHANICAL AND ELECTRICAL PROPERTIES OF CARBON NANOTUBE AND CARBON BLACK REINFORCED POLYESTER HYBRID COMPOSITES

Mechanical Engineer Cihat ARDA

SUBOR Pipe Co., cihat.arda@subor.com.tr, 0000-0002-0677-2568

Prof. Dr. Hüseyin ÜNAL

Sakarya University of Applied Sciences, unal@subu.edu.tr, 0000-0003-0521-6647

Metallurgical and Metarials Engineer Şevval YILMAZ

SUBOR Pipe Co., sevval.yilmaz@subor.com.tr, 0000-0001-7043-9914

ABSTRACT

Enhancing the electrical conductivity of polymer-based composites not only provides functional behaviour to inherently insulating polymers but also affects their mechanical response. Electrical conductivity-the capability of a material to transport electric charge through its surface or bulk-is crucial in applications such as static charge dissipation, flexible electronics, and sensing technologies. To obtain these multifunctional properties, conductive nano-fillers such as single-walled carbon nanotubes (SWCNTs), graphene, and carbon black (CB) are incorporated into polymer matrices. SWCNTs, with their extremely high aspect ratio and excellent electronic characteristics, can create conductive pathways at low percolation thresholds while simultaneously improving interfacial adhesion, resulting in higher tensile strength and tensile modulus. Although CB provides lower reinforcing ability, it can still enhance performance depending on dispersion quality and particle features. Achieving a uniform dispersion and establishing a continuous percolation network are essential for maximizing both electrical and mechanical properties. In this study, unsaturated polyester composites containing 5, 10, and 15 wt.% CB were produced, along with hybrid systems incorporating an additional 0.1 wt.% SWCNT. Tensile strength, tensile modulus, and surface resistivity were systematically examined. The findings showed that CB considerably increased the tensile modulus, and this effect became more pronounced with the addition of SWCNTs. However, increasing filler content caused a reduction in tensile strength and surface resistivity. The hybrid SWCNT–CB composites demonstrated a more significant improvement in tensile strength compared to CB-only systems. Furthermore, the surface resistivity of the hybrid composites was measured in the range of 10^4–10^5 Ω, indicating static-dissipative behaviour suitable for ESD-protective applications.

Keywords: Carbon Nanotubes, Carbon Black, Electrical, Mechanical, Composite, Polyester.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

KARBON NANOTÜP VE KARBON SİYAHI TAKVİYELİ POLYESTER HİBRİT KOMPOZİTLERİN MEKANİK VE ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLERİNİN KARAKTERİZASYONU

ÖZET

Polimer esaslı kompozitlerin elektriksel iletkenliğinin artırılması, doğal olarak yalıtkan olan bu malzemelere fonksiyonel özellikler kazandırırken aynı zamanda mekanik davranışlarını da etkilemektedir. Bir malzemenin yüzeyi veya hacmi boyunca elektrik yükünü taşıma yeteneği olarak tanımlanan elektriksel iletkenlik; EMI koruma, statik yük boşaltma, esnek elektronikler ve sensör uygulamaları için büyük önem taşımaktadır. Bu çok işlevli özelliklerin elde edilebilmesi amacıyla SWCNT, grafen nano-katkılar ve karbon siyahı (CB) gibi iletken nano-katkılar polimer matrislere eklenmektedir. Çok yüksek boy/en oranı ve üstün elektronik performansı sayesinde SWCNT'ler düşük perkolasyon eşiğinde iletken yollar oluşturabilirken, matris ile ara yüz bağını güçlendirerek çekme dayanımı ve elastik modül üzerinde olumlu etkiler sağlamaktadır. CB daha sınırlı bir takviye etkisine sahip olsa da, parçacık özelliklerine ve dispersiyon kalitesine bağlı olarak iyileştirmeler sunabilmektedir. Bu katkıların homojen dağılması ve sürekli bir perkolasyon ağının oluşması, elektriksel ve mekanik performansın optimize edilmesi için kritik öneme sahiptir. Bu deneysel çalışmada, %5, %10 ve %15CB içeren doymamış polyester kompozitler ile ek olarak %0,1 SWCNT içeren hibrit kompozitler üretilmiştir. Numunelerin çekme dayanımı, elastik modülü ve elektriksel yüzey dirençleri değerlendirilmiştir. Sonuçlar, karbon siyahı katkının elastiklik modülünü belirgin şekilde artırdığını ve SWCNT ilavesiyle bu etkinin daha da güçlendiğini göstermiştir. Ancak artan dolgu oranı, çekme dayanımında ve elektriksel yüzey direncinde azalmaya neden olmuştur. Hibrit SWCNT–CB kompozitleri, yalnızca CB içeren numunelere kıyasla daha yüksek çekme dayanımı sergilemiştir. Ayrıca hibrit kompozitlerin yüzey direnci 10^4–10^5 Ω aralığında ölçülerek ESD uygulamaları için uygun statik dağıtıcı özellik gösterdiği belirlenmiştir.

Keywords: Karbon Nanotüp, Karbon Siyahı, Elektriksel, Mekanik, Kompozit, Polyester.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

1. INTRODUCTION

Unsaturated polyester (UPE)–based composites have attracted considerable interest in structural and functional applications due to their low cost, ease of processing, and favourable mechanical properties [1]. However, the inherent brittleness and electrical insulating nature of UPE limit its use in demanding environments where enhanced stiffness, improved strength, or electrical conductivity are required. To overcome these limitations, particulate fillers such as carbon black (CB) have been widely incorporated into polymer matrices. CB is known to improve stiffness due to its rigid particulate nature and strong interfacial interactions with the matrix, although it often leads to reductions in tensile strength because of particle agglomeration and stress-concentration effects [2,3]. Despite its advantages, CB alone typically fails to achieve adequate electrical conductivity in polyester systems, even at relatively high loadings, due to the absence of a continuous conductive network [4]. In recent years, carbon nanostructures such as carbon nanotubes (CNTs) and carbon nano-platelets have been explored to enhance the multifunctional properties of polymer composites. Owing to their high aspect ratio and superior intrinsic conductivity, CNTs can significantly reduce the percolation threshold, enabling the development of conductive pathways at very low filler contents [5]. When combined with CB, CNTs have been shown to form hybrid conductive networks in which CNTs bridge CB aggregates, improving both electrical properties and mechanical efficiency through synergistic interactions [6,7]. Such hybrid reinforcement strategies not only enhance electrical conductivity but may also mitigate the loss of tensile strength typically observed in CB-filled systems by improving filler dispersion and stress transfer [8].

Given this context, the present study investigates the mechanical (tensile strength and modulus) and electrical surface resistance behaviour of UPE composites containing solely CB (5–15 wt.%) as well as hybrid composites incorporating CB and a small amount of CNT (0.1 wt.%). By systematically comparing CB-only and CB+CNT hybrid systems, the work aims to elucidate the role of CNTs in modifying stiffness, strength, and conductive network formation within the polyester matrix. Such an understanding is essential for the design of multifunctional polymer composites intended for applications requiring both mechanical robustness and tailored electrical performance, such as antistatic components, EMI shielding systems, and structural sensing elements.

2. MATERIALS AND METHOD

2.1. Materials

In the production of the composite materials, an unsaturated polyester–based thermoset resin was used as the primary matrix together with selected additives. The terephthalic-type unsaturated polyester resin employed as the main matrix material was supplied by Boytek (Istanbul, Türkiye). Additionally, Methyl Ethyl Ketone Peroxide (MEKP) was incorporated into the resin as a curing agent to initiate crosslinking at room temperature. As the reinforcement additives, single-walled carbon nanotubes (SWCNTs) with dimensions of approximately 1.5-2 nm in diameter and 5 μm in length, produced by OcSiAl and procured through its Türkiye distributor Hayim Pinhass Co. (Istanbul, Türkiye), were utilized. The carbon black additive was purchased from the supplier hepsimalzeme.com.

2.2. Preparation of Composite

Hybrid unsaturated polyester (UPE) composites containing carbon black (CB) at varying contents (5, 10, and 15 wt.%) and hybrid composites with the same CB contents combined with 0.1 wt.% single-walled carbon nanotubes (SWCNTs) were prepared using the resin casting technique. Initially, the neat polyester resin was placed in a container along with 2 wt.% thickening agent and mixed in a mechanical mixer for approximately 30 minutes. Subsequently, the carbon black and carbon nanotubes were added to the container and the mixture was further

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

mechanically stirred for 60 minutes. After mixing, each formulation was poured into silicone moulds to fabricate the composite test specimens. The moulds were allowed to stand at room temperature for at least 24 hours to enable initial curing. To ensure complete curing, the specimens were post-cured in an oven at 70°C for 1 hour. Finally, the test specimens were conditioned at 23°C and 50% relative humidity for a minimum of 24 hours prior to testing.

2.3. Mechanical Tests

2.3.1. Tensile Test

The tensile test is a fundamental mechanical characterization method performed to determine the behaviour of materials under uniaxial loading. The test is conducted using standard dumbbell shaped specimens defined in ASTM D638 (for polymeric materials) or ISO 527, and during the experiment the specimen is subjected to a controlled uniaxial tensile force at a specified crosshead speed. The test conditions are determined by parameters such as loading rate, laboratory temperature (typically 23±2°C), and relative humidity. A schematic representation of the tensile test setup is shown in Figure 1. Based on the load-elongation data obtained from the experiment, the tensile modulus (E) calculated as the slope of the stress-strain curve in the elastic region, the tensile strength (σ)- the maximum stress the material can withstand, and the elongation at break (εb), the strain value at the moment of fracture are determined. These quantities are expressed by the following equations:

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon}, \qquad \sigma = \frac{F}{A_0}, \qquad \varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

In these expressions, σ denotes the engineering stress, ε the engineering strain, F the applied tensile force, A_0 the initial cross-sectional area of the specimen, L_0 the initial gauge length, ΔL the change in length, and Δσ / Δε the slope of the stress–strain curve in the elastic region. Thus, the tensile test provides comprehensive quantitative information about the stiffness, strength and ductility of the material.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Effect of CB Content on the Tensile Strength of Unsaturated Polyester Composites:

The variation of tensile strength with carbon black (CB) content for neat unsaturated polyester (UPE) and CB-reinforced UPE composites is presented in Figure 1. The neat UPE exhibited a tensile strength of 56.9 MPa, whereas the composites with 5 wt.%, 10 wt.%, and 15 wt.% CB showed tensile strength values of 39.0 MPa, 29.5 MPa, and 23.6 MPa, respectively. These results correspond to reductions of approximately 31.4%, 48.2%, and 58.5% compared to the neat polyester. The progressive decrease in tensile strength with increasing CB concentration can be attributed to several microstructural factors. First, carbon black possesses a high surface area and tends to form agglomerates due to strong van der Waals interactions, especially at high loadings. These agglomerates act as stress-concentration sites under tensile loading, initiating premature micro-cracking and thereby diminishing the load-bearing capacity of the polymer matrix. Second, CB particles exhibit limited interfacial adhesion with the polyester resin, restricting effective stress transfer from the matrix to the filler. As the filler content increases, the polymer chains become more constrained, the crosslink density effectively decreases in localized regions, and the composite transitions toward a more brittle structure. Consequently, the deterioration in tensile properties becomes more pronounced at 10 wt.% and particularly at 15 wt.% CB. Generally, the datas clearly indicate that although carbon black can provide functional advantages such as electrical conductivity and improved thermal stability. It adversely affects the tensile strength of UPE when incorporated at moderate to high concentrations.

Effect of CNT Addition on CB–Filled Composites (Hybrid Composites:

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Figure 2 presents the tensile strength values of hybrid composites containing CB at 5, 10, and 15 wt.% together with 0.1 wt.% CNT. The neat UPE maintains a tensile strength of 56.9 MPa, while the hybrid composites containing 5wt.%CB+0.1wt.%CNT, 10wt.% CB+0.1wt.%CNT, and 15wt.% CB+0.1wt.%CNT exhibit tensile strength values of 47.0 MPa, 36.5 MPa, and 27.1 MPa, respectively. These correspond to overall reductions of 17.4%, 35.9%, and 52.4% with respect to the neat polyester.

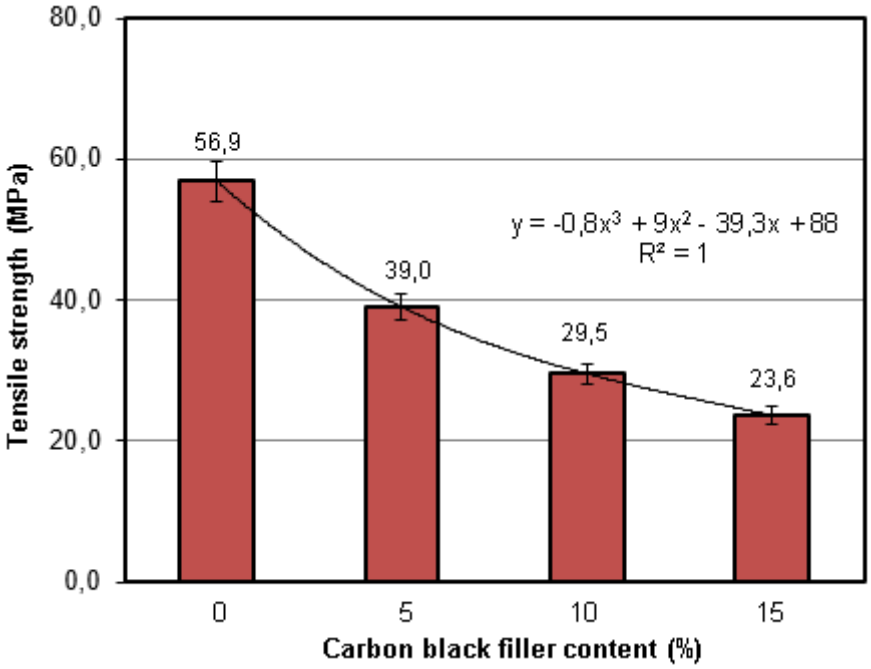


Figure 1. Variation of tensile strength of CB filled unsaturated polyester composites

3.1 Comparison with CB-only Composites

When compared with the CB-only composites in Figure 1, the hybrid materials show a noticeable improvement in tensile strength at all filler concentrations:

Table 1. Variation of tensile strength of composites containing CB and CB+CNT

Filler content, wt.%	CB only (MPa)	CB+CNT Hybrid (MPa)	Variation	Improvement (%)
5	39	47	increased	~20.5
10	29.5	36.5	increased	~23.7
15	23.6	14.8	increased	~14.8

The tensile strength enhancement achieved through the addition of only0.1 wt.% CNT suggests that CNTs play a significant role in modifying the filler–matrix interactions. CNTs possess a high aspect ratio and excellent mechanical properties, enabling them to act as effective nano-bridges within the polymer matrix. Their ability to form a percolated or semi-percolated reinforcing network enhances stress transfer and reduces the severity of micro-crack propagation initiated by carbon black agglomerates. Moreover, CNTs tend to improve the dispersion state of carbon black by partially occupying voids between CB clusters, thereby reducing agglomeration size. This microstructural refinement leads to improved toughness and a less brittle matrix. Nevertheless, despite the reinforcing contribution of CNTs, the hybrid composites still fall short of the mechanical performance of the neat polyester due to the dominating effect of rigid particulate CB, which still introduces stress concentrators at higher loadings. The tensile behaviour of the studied composites indicates that: Carbon black alone

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

significantly decreases the tensile performance of UPE. In addition, The introduction of 0.1 wt.% CNT partially compensates for this deterioration. CNT addition provides the greatest improvement at intermediate CB loadings (5–10 wt.%). At very high CB content (15 wt.%), the negative influence of particle agglomeration becomes dominant, limiting the reinforcing capability of CNTs. Thus, hybridization using CNTs is an effective strategy to mitigate the strength loss induced by carbon black, although optimal mechanical performance still requires careful control of filler dispersion and concentration.

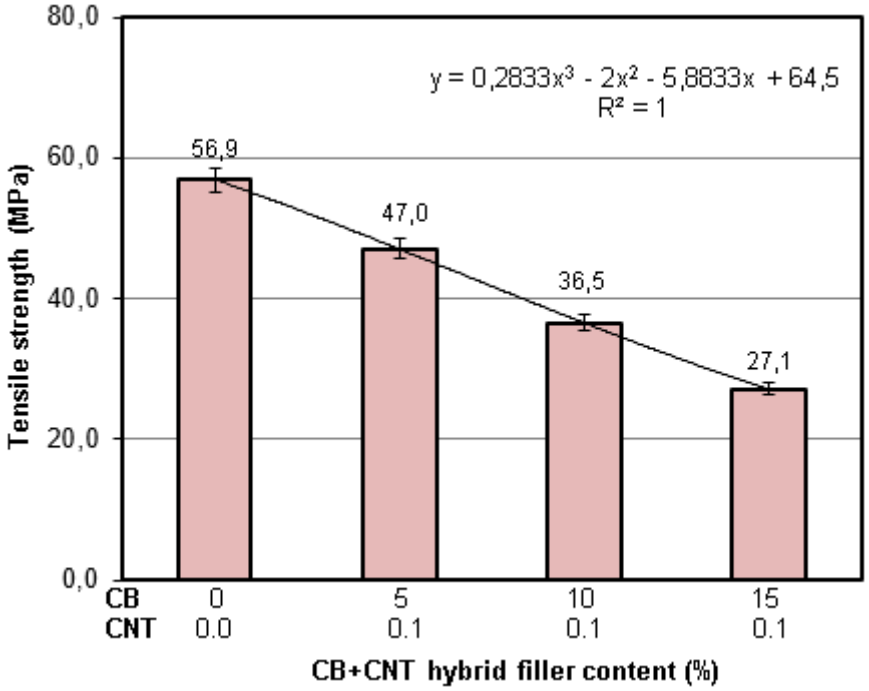


Figure 2. Variation of tensile strength of CB+CNT filled hybrid unsaturated polyester composites

Effect of CB Content on the Tensile Modulus of Unsaturated Polyester Composites

Figure 3 illustrates the variation of tensile modulus with carbon black (CB) content for neat unsaturated polyester (UPE) and CB-filled composites. The neat UPE exhibited a tensile modulus of 1660 MPa, while the incorporation of 5 wt.%, 10 wt.%, and 15 wt.% CB resulted in tensile modulus values of 2110 MPa, 2200 MPa, and 2710 MPa, respectively. These values correspond to increases of approximately 27.1%, 32.5%, and 63.3% relative to the neat polymer. The overall enhancement in tensile modulus with increasing CB content can be attributed to the inherently rigid and high-surface area structure of carbon black particles. When dispersed within the polyester matrix, CB restricts the mobility of polymer chains and produces a stiffening effect, thereby increasing the elastic response under tensile loading. The modulus improvement becomes more pronounced at higher filler contents, as the volume fraction of rigid particles increases and the composite transitions toward a more particle-dominated mechanical behaviour. However, beyond a certain threshold, the introduction of CB may also promote the formation of particle agglomerates. While such agglomerates negatively impact tensile strength, they may still contribute to apparent modulus enhancement because the modulus is governed primarily by elastic deformation at small strains, where load transfer to rigid clusters occurs more effectively. Therefore, even though high CB loadings (e.g., 15 wt.%) reduce ductility and toughness, they significantly elevate stiffness due to the dominance of the stiff particulate network within the matrix.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

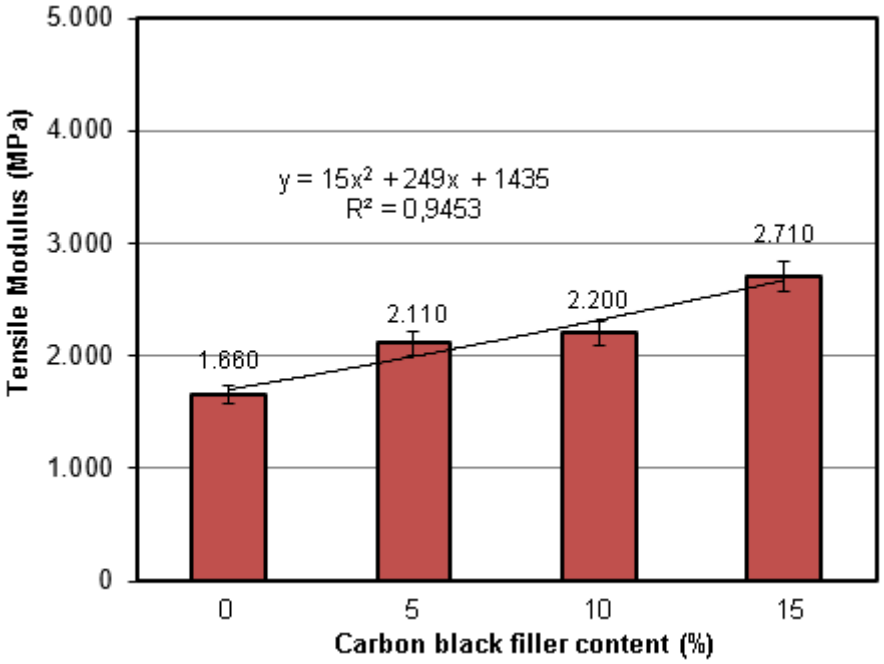


Figure 3. Variation of tensile modulus of CB filled unsaturated polyester composites

Effect of CNT on the Tensile Modulus of CB–Reinforced Composites (Hybrid Systems)
Figure 4 presents the tensile modulus of hybrid composites containing carbon black (5–15 wt.%) together with 0.1 wt.% carbon nano-platelets (CNT). The neat UPE modulus (1660 MPa) serves as a reference. The hybrid composites containing 5wt.%CB+0.1%CNT, 10wt.% CB+0.1% CNT, and 15wt.%CB+0.1wt.%CNT exhibited tensile modulus values of 1920 MPa, 2100 MPa, and 1970 MPA, corresponding to increases of approximately 15.7%, 26.5%, and 18.7% relative to the neat polyester. Table 2 below presents a comparison of the tensile modulus values of composites containing CB at different ratios (5–15%) and hybrid composites containing CB at different ratios (5–15%) and 0.1% CNT. CNT addition into the polyester resin alters the tensile modulus trends as follows:

Table 2. Variation of tensile Modulus of composites containing CB and CB+CNT

Filler content, wt.%	CB only (MPa)	CB+CNT Hybrid (MPa)	Variation	Improvement (%)
5	2110	1920	decreased	~9.0
10	2200	2100	decreased	~4.5
15	2710	1970	decreased	~27.3

Contrary to the tensile strength behaviour, where CNT addition improved the performance, the tensile modulus of the hybrid systems is lower than that of the corresponding CB-only composites at all filler loadings.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

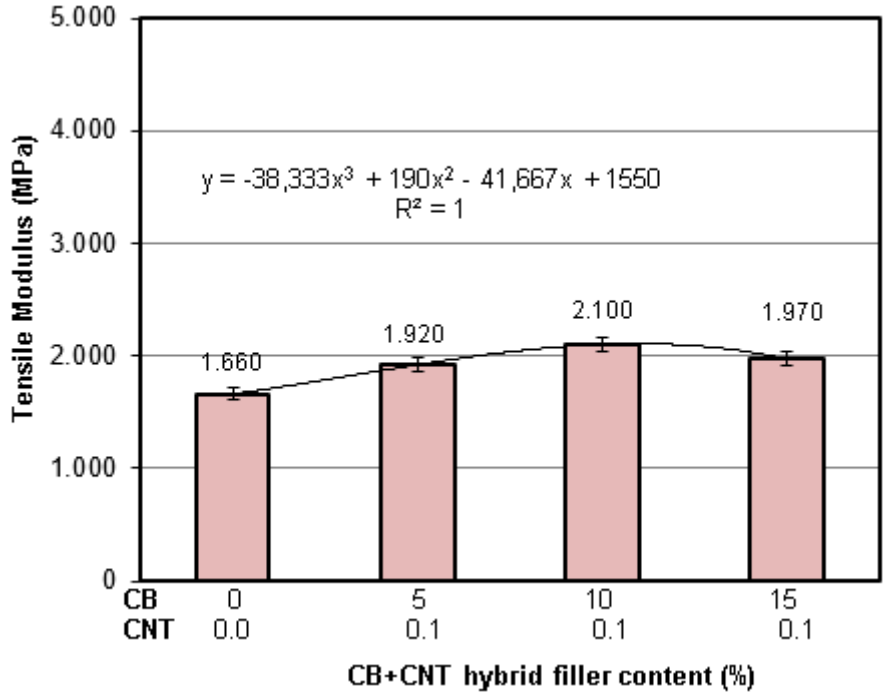


Figure 4. Variation of tensile modulus of CB+CNT filled hybrid unsaturated polyester composites

3.2.Interpretation of Hybrid Modulus Behaviour

The reduction in modulus compared with CB-only composites can be explained through microstructural and interfacial considerations:

- CNTs improve dispersion but reduce agglomerate stiffness. CNTs help partially break up CB agglomerates by occupying inter-particle voids and altering the microstructure. While this improves strength by reducing crack initiation sites, it also reduces the size and continuity of rigid CB clusters that previously contributed strongly to stiffness in CB-only systems.
- CNT concentration (0.1 wt.%) is below the percolation threshold for modulus enhancement. Although CNTs have exceptionally high intrinsic modulus, their extremely low loading in this study (0.1 wt.%) is insufficient to form a continuous, load-bearing nano-network capable of significantly contributing to composite stiffness.
- Hybridization increases matrix-dominated deformation. By disrupting large CB aggregates, the mechanical response becomes somewhat more matrix-controlled. While beneficial for toughness and strength, this results in a small reduction in elastic modulus, especially at 15 wt.% CB where the modulus drops significantly (~27.3%). Carbon black enhances tensile modulus due to its rigid particulate nature and strong stiffening effect at high volume fractions. Adding a small amount of CNT improves strength (as seen in previous sections) but slightly reduces stiffness by modifying the filler morphology and reducing effective particle packing. The hybrid composites strike a balance between stiffness and improved structural integrity but remain less stiff than highly particle-packed CB-only systems.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

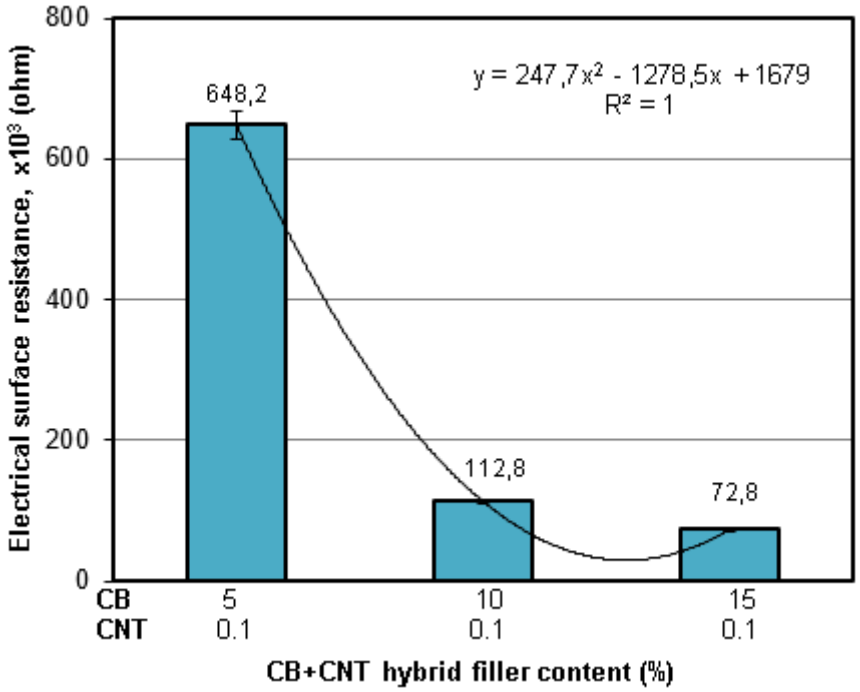


Figure 5. Variation of electrical surface resistance of CB+CNT filled hybrid unsaturated polyester composites

Figure 5 presents the electrical surface resistance of hybrid composites containing CB and 0.1 wt.% CNT. The neat UPE and the UPE composites reinforced solely with CB could not be measured using the available instrumentation due to their inherently insulating nature, indicating electrical surface resistance values above the detectable upper limit of the device. This confirms that the incorporation of CB alone, even up to 15 wt.%, is insufficient to generate an electrically conductive pathway within the polymer matrix. In contrast, the hybrid composites containing CB + 0.1 wt.% CNT exhibited measurable electrical surface resistance values of 648.2 × 10^3 Ω, 112.8 × 10^3 Ω, and 72.8 × 10^3 Ω for CB contents of 5%, 10%, and 15%, respectively. The pronounced decrease in resistance with increasing CB content demonstrates the formation of a progressively more efficient conductive network. The substantial improvement in electrical performance of the hybrid composites can be attributed to the complementary roles of CNT and CB in forming conductive paths. Carbon black particles, due to their spherical or quasi-spherical morphology, require relatively high loadings to achieve percolation. However, the addition of a very small amount of CNT characterized by their high aspect ratio, nano-scale dimensions, and excellent intrinsic conductivity facilitates the formation of a continuous or near-continuous conductive network. CNTs act as “bridges” between CB clusters, reducing the inter-particle distance and significantly lowering the percolation threshold. As CB content increases, these combined conductive pathways become more interconnected and densely packed, resulting in a marked reduction in electrical surface resistance, especially at 10wt.% and 15wt.% CB. Generally, the results clearly show that while CB alone is insufficient to impart electrical functionality to the polyester matrix, the synergistic use of CNT and CB enables the formation of an effective conductive network. The hybrid system therefore transitions from an insulating structure to a semi-conductive composite, with conductivity improving substantially as the CB concentration increases.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

4. CONCLUSIONS

Based on the investigation of the mechanical and electrical properties of composites containing only carbon black (5–15 wt.%) and hybrid composites incorporating carbon black together with 0.1 wt.% CNT, the following conclusions have been drawn.

1. Carbon black–only composites exhibit decreasing tensile strength but significantly increasing tensile modulus, indicating that CB stiffens the polyester matrix while simultaneously creating stress-concentration regions that reduce load-bearing capability.
2. Hybrid composites containing CB + 0.1 wt.% CNT show higher tensile strength than CB-only systems at all filler levels, demonstrating that CNTs improve stress transfer and disrupt CB agglomerates, resulting in a more uniform microstructure.
3. The tensile modulus of hybrid composites remains lower than that of CB-only systems, suggesting that CNTs partially break rigid CB clusters, reducing stiffness even though they enhance the overall mechanical integrity.
4. Electrically, neither neat UPE nor CB-filled UPE exhibits measurable conductivity, confirming that CB alone does not reach a sufficient percolation threshold to form conductive pathways.
5. Hybrid composites show a dramatic reduction in electrical surface resistance, with resistance decreasing as CB content increases, indicating that CNTs act as conductive bridges linking CB particles and enabling the formation of an effective, synergistic conductive network.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to express their sincere gratitude to SUBOR Pipe Industry and Trade Inc. and its management for their support in providing materials, manufacturing assistance, and testing facilities.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

REFERENCES

[1] Mallick, P. K. (2007). Fiber-Reinforced Composites: Materials, Manufacturing, and Design. CRC Press.

[2] Fu, S. Y., Feng, X. Q., Lauke, B., and Mai, Y. W. (2008). Effects of particle size, particle/matrix interface adhesion and particle loading on mechanical properties of particulate polymer composites. Composites Part B: Engineering, 39(6), 933–961.

[3] Huang, X., and Zhang, L. (2009). Reinforcement mechanisms in carbon black filled rubber. Polymer, 50(16), 4039–4045.

[4] Kim, H., Abdala, A. A., and Macosko, C. W. (2010). Graphene/polymer nano-composites. Macromolecules, 43(16), 6515–6530.

[5] Bauhofer, W., and Kovacs, J. Z. (2009). A review and analysis of electrical percolation in carbon nanotube polymer composites. Composites Science and Technology, 69(10), 1486–1498.

[6] Du, F., Fischer, J. E., and Winey, K. I. (2005). Coagulation method for preparing single-walled carbon nanotube/poly(methyl methacrylate) composites and their electrical properties. Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics, 43(17), 2340–2347.

[7] Li, J., Ma, P. C., Chow, W. S., To, C. K., Tang, B. Z., and Kim, J. K. (2007). Correlations between percolation threshold, dispersion state, and aspect ratio of carbon nanotubes. Advanced Functional Materials, 17(17), 3207–3215.

[8] Xu, Y., Chen, Y., and Xu, L. (2014). Synergistic effects of carbon black and carbon nanotubes on the mechanical and electrical properties of epoxy composites. Materials & Design, 56, 819–825.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

P20+NI KALIP ÇELİĞİNDE FARKLI ÖN ISIL İŞLEMLER VE NİTRASYON SÜRELERİNİN YÜZEY TABAKA KARAKTERİSTİKLERİNE ETKİSİ

Metalurji ve Malzeme Mühendisi, Begüm BOZKUŞ

Kırıkkale Üniversitesi, b.bozkus1998@hotmail.com - 0000-0002-5590-8951

Dr. Öğr. Üyesi Naci Arda TANIŞ

Kırıkkale Üniversitesi, n.ardatanis@gmail.com - 0000-0001-5547-9790

ÖZET

Bu çalışmada, P20+Ni (1.2738) kalıp çeliğinde uygulanan farklı ön işlemlerin gaz nitrasyon davranışına etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Numuneler iki grupta hazırlanmış; birinci gruba herhangi bir ön işlem uygulanmadan doğrudan nitrasyon yapılmış, ikinci gruba ise vakum sertleştirme uygulanarak nitrasyon öncesi mikro yapının yeniden düzenlenmesi sağlanmıştır. Her iki grup, 550 °C'de 4, 6 ve 8 saat sürelerle gaz nitrasyonuna tabi tutulmuş; işlem sonrası numuneler metalografik hazırlama yapılarak mikroyapı, yüzey sertliği ve difüzyon bölgesi gelişimi açısından değerlendirilmiştir.

Mikroskobik incelemeler, vakum sertleştirme sonrası nitrasyon uygulanan numunelerde hem beyaz tabaka hem de difüzyon bölgesi kalınlıklarının belirgin şekilde arttığını göstermiştir. Direkt nitrasyon uygulanan numunelerde beyaz tabaka kalınlığı yaklaşık 4,5 µm seviyesinde sabit kalırken, vakum sertleştirme + nitrasyon uygulamasında bu değer 6–15,5 µm aralığında değişmiştir. Difüzyon bölgesi ise direkt nitrasyonda 132–206 µm, vakum sertleştirme sonrası nitrasyonda 210–249,5 µm olarak ölçülmüştür.

Sertlik ölçümleri, vakum sertleştirme ön işleminin nitrasyon etkinliğini artırdığını doğrulamış; yüzey sertlik değerleri direkt nitrasyonda 566–661 HV5 aralığındayken, vakum + nitrasyon uygulamasında 734,5–790,5 HV5 değerlerine ulaşılmıştır. Elde edilen sonuçlar, vakum sertleştirmenin 1.2738 çeliğinin nitrasyon performansını önemli ölçüde iyileştirdiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler : 1.2738 Çeliği, Gaz Nitrasyon, Vakum Sertleştirme, Difüzyon, Beyaz Tabaka

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

1. GİRİŞ

Günümüzde endüstriyel üretim süreçlerinde kullanılan çelik malzemelerden beklenen performans kriterleri, sadece yüksek mekanik dayanım sağlamakla sınırlı kalmamakta; aynı zamanda uzun ömür, işlenebilirlik, yüzey kalitesi ve ekonomik verimlilik gibi birçok parametreyi birlikte karşılaması beklenmektedir (Marvila et al., 2021). Üretimde ki verimliliği arttırmak ve amortisman giderlerini azaltmak için, üretimde kullanılan çelik bileşenlerin çalışma ömrünün uzatılması ve zorlu iş koşullarına dirençli bir hale gelmesi, plastik şekil verme, ekstrüzyon, kalıplama gibi üretim yöntemlerinin kullanıldığı imalat sanayinde geliştirilmesi öncelikli konulardan biri haline gelmiştir (Widomski & Gronostajski, 2020). Özellikle kalıpçılık, otomotiv, havacılık ve savunma sanayinde kullanılan kalıp çeliklerinin yüzey dayanıklılıkları üretimi etkileyen önemli en önemli faktörlerden biri olup, aşınma, sürtünme, darbe ve termal şok gibi dış etkilere karşı malzemenin gösterdiği dirençle doğrudan alakalıdır. Kalıp yüzeylerinde meydana gelen sürtünmeler yüzey aşınmalarını arttırmakta ve üretilen parçaların hatalı olmasının yanı sıra üretim hattında duruşlara ve bakım maliyetlerinin artmasına yol açmaktadır (Stanley et al., 2025).

Bu bağlamda bu tür üretim yöntemlerinde iş takım çelikleri büyük bir yere sahiptir. Özellikle plastik enjeksiyon ve kalıplama uygulamaların yaygın olarak tercih edilen 1.2738 çeliği, darbe, aşınma ve termal şoklar gibi etkilere karşı gösterdiği mekanik özellikler sayesinde dikkat çekmektedir (Kamber & Taşçıoğlu, 2019). Bu özelliklerinin yanı sıra işlenebilirliğinin yüksek olması sayesinde kalıp uygulamalarında uygun ve güvenilir malzeme haline gelmiştir (Pedroso et al., 2024).

1.2738 çeliğinin üretimdeki performansını arttırmak amacıyla, yüzey özelliklerinin iyileştirilmesine yönelik çeşitli ısıl ve termokimyasal yüzey sertleştirme yöntemleri uygulanmaktadır. Endüstri de en çok kullanılan ve en kabul görmüş yöntemlerin başında gaz nitrasyon işlemi gelmektedir. Çelik yüzeyinden azot difüzyonuyla yüzey alt kısmında difüzyon tabakası ve üst kısmında sert bir tabaka oluşturmak suretiyle çeliğin aşınma direnci ve yüzey sertliği özellikleri önemli oranda geliştirilmektedir. Termokimyasal yüzey sertleştirme yöntemi olan gaz nitrasyon işleminde, belirli sıcaklıklarda ve sürelerde, çelik yüzeyine NH3/H2 gaz karışımı temas ettirilerek azot atomlarının çelik yüzeyinden difüzyonuyla gerçekleşmektedir (Behrens et al., 2014). Difüzyonun gerçekleştiği kısımlarda malzemenin mikroyapısında ve yüzey özelliklerinde önemli değişiklikler meydana getirmektedir.

Çeliklerin nitrasyonu ile ilgili yapılan çalışmalarda, işlem süresi ve sıcaklığı gibi ana parametrelerin sadece yüzey sertliğini değil, aynı zamanda yorulma, darbe tokluğu gibi mekanik özelliklerini de etkilediği görülmüştür. Kim vd. (Kim et al., 2022) 2022 yılında yaptıkları D2 takım çeliğinin gaz nitrasyonu ile ilgili çalışmada, artan nitrasyon tabakası ile birlikte tokluğunda arttığını saptamışlardır. Saudi vd. (Saoudi et al., 2024) 2024 yılında 42CrMo4 çeliğinin nitrasyonu üzerine yaptıkları çalışmada ise nitrasyon sonrası HMK α ferrit fazının ve YMK yapıdan γ östenit fazının azot atomlarının difüzyonu ile birlikte Ɛ-Fe2-3N ve

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

γ-Fe4N nitrürlerini oluşmasıyla tanelerin inceldiğini ve özellikle difüzyon bölgesinin gevrekleşerek darbe dayanımının azaldığını gözlemlemişlerdir. Bu etkilerin daha iyi anlaşılması ve malzeme özellikleri üzerindeki etkisinin optimize edilmesi için nitrasyon işlemi öncesi ısıl işlemler üzerine çalışmaların arttırılması gerekmektedir.

Bu çalışmada, 1.2738 çeliğine ön ısıl işlem yapılmadan ve vakum altında ısıl işlem gerçekleştirilmiş. Her iki numunede aynı sıcaklıkta farklı nitrasyon işlemi sürelerine tabii tutulmuştur. İşleme tabii tutulmamış ve ısıl işleme tabii tutulmuş iki farklı numune seti hazırlanması ön ısıl işlemin gaz nitrasyon üzerine davranışı üzerine etkilerini araştırmaya olanak sağlamaktadır. Bu bağlamda, 550 C sıcaklıkta, 4,6,8 saat nitrürleme işlemine tabi tutulan iki ayrı çelik grubundan çıkan numuneler metal mikrokobu altında incelenerek tabaka ve difüzyon kalınlıkları saptanmıştır ve daha sonra sertlik analizleri gerçekleştirilerek malzemelerin difüzyon bölgesi, sert tabakası ve çekirdek kısmından sertlik değerleri alınarak karşılaştırılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Numune Hazırlığı

Çalışmada kullanılan malzeme 1.2738 (P20+Ni) kalıp çeliği plaka halinde temin edilmiştir. Plaka ilk olarak uygun boyutlara getirilmek üzere kesilmiş ve kimyasal bileşim doğrulaması amacıyla spektrometre ile analiz edilmiştir.

Gaz nitrasyon işlemine uygun yüzey kalitesine ulaşması için malzemeler tornalama işlemine gönderilmiştir. Numuneler 15 × 15 × 10 mm boyutlarında hazırlanmış; yüzeydeki yağ, talaş ve kir kalıntılarını gidermek amacıyla uygun temizleme solüsyonu ile manuel olarak temizlenmiş, yağ, kir ve yüzey kalıntılarının tamamen uzaklaştırılması sağlanmıştır. Bu aşamada numunelerin kontaminasyona uğramaması için koruyucu eldiven kullanılmıştır ve yüzey temizliği kontrollü şekilde gerçekleştirilmiştir.

2.2. Metodoloji

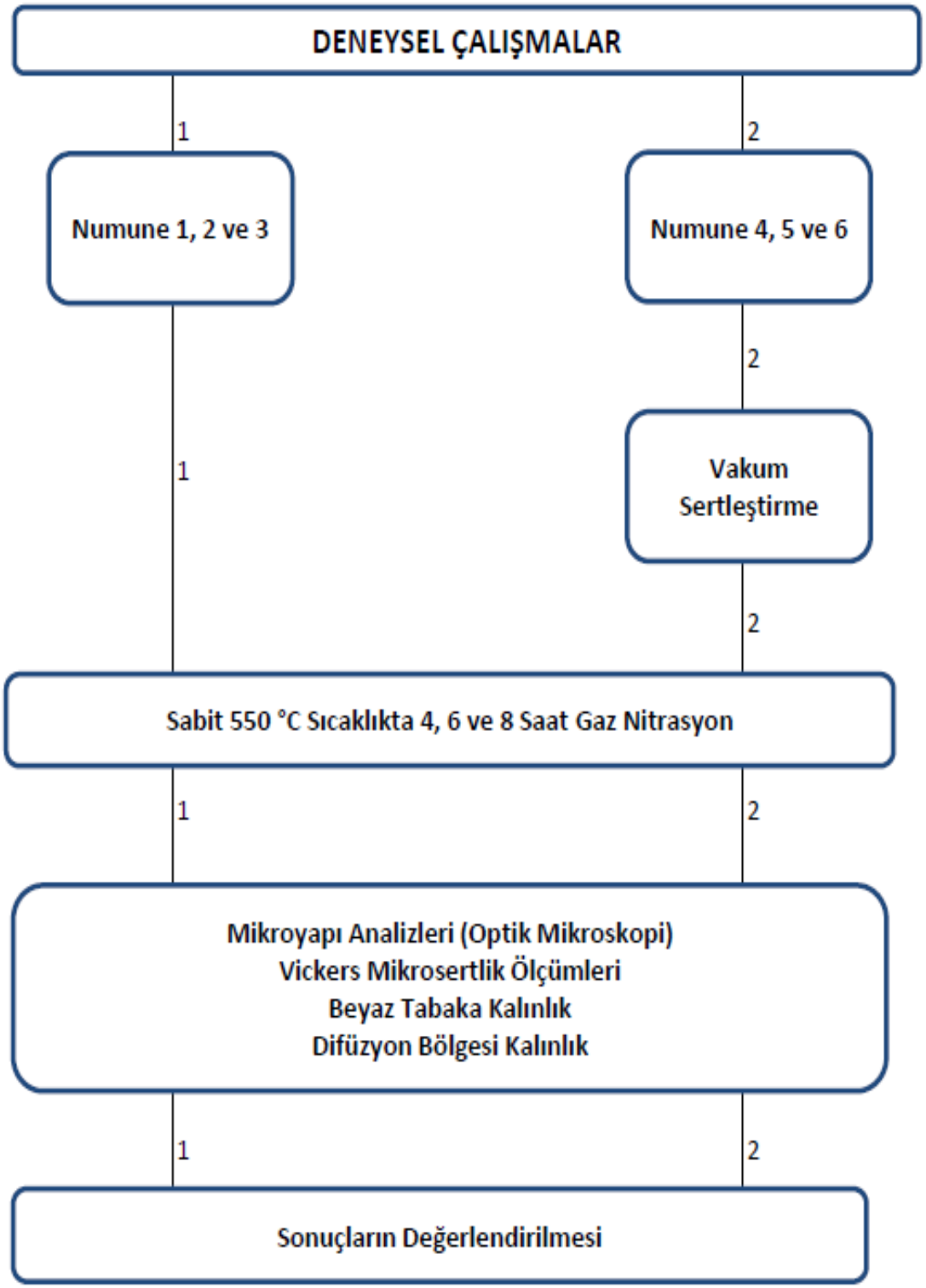
Bu çalışmanın deneysel metodolojisi, nitrasyon işleminin farklı ön ısıl işlemlerle etkileşimini karşılaştırmalı olarak incelemek amacıyla iki temel işlem üzerine kurulmuştur. İlk grupta numuneler hiçbir ön işleme tabi tutulmadan doğrudan gaz nitrasyonuna alınmış ve böylece malzemenin doğal mikro yapısının nitrasyonla oluşturduğu beyaz tabaka, difüzyon bölgesi ve sertlik profilleri referans olarak belirlenmiştir.

İkinci grupta ise numuneler önce vakum ortamında sertleştirilmiş, ardından aynı nitrasyon koşullarında işlem görmüştür; bu sayede vakum sertleştirmenin yüzey difüzyon davranışına, tabaka oluşum mekanizmasına ve işlem süresine bağlı mikroyapısal gelişimlere katkısı değerlendirilmiştir.

Her iki grup için gaz nitrasyon prosesi 550 °C sıcaklıkta, 4, 6 ve 8 saatlik üç farklı süre olacak şekilde gerçekleştirilmiş; böylece zamanın beyaz tabaka kalınlığı, difüzyon derinliği ve

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

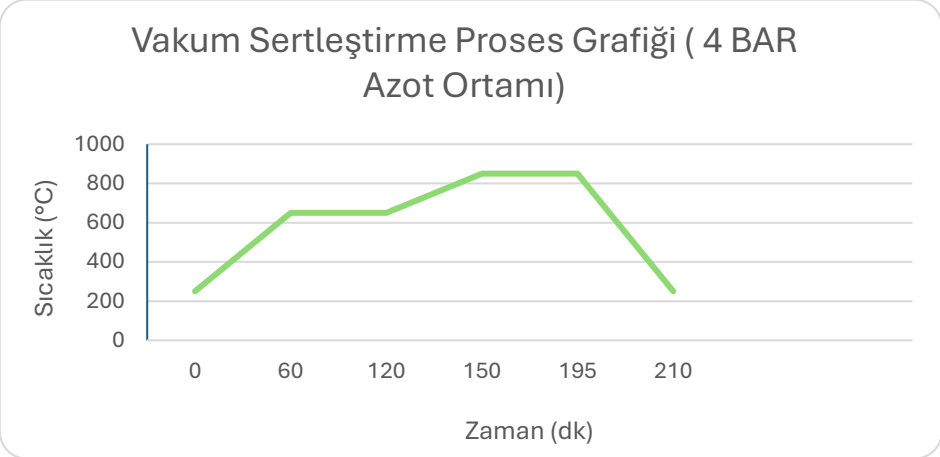
yüzey sertliği üzerindeki etkisi sistematik olarak karşılaştırılabilir hâle getirilmiştir. Çalışmanın genel akışı, numunelerin iki farklı ön işlem yolunda ayrıldığı ve ardından aynı nitrasyon koşullarında yeniden buluştuğu deneysel şema ile desteklenmiştir.



Görsel 1: Deneysel Akış Şeması

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Vakum sertleştirme uygulanan numuneler, kontrollü bir ısıl çevrime tabi tutularak homojen bir östenitleme ve ardından kontrollü soğuma sağlanmıştır. İşlem, 4 bar azot atmosferi altında 250 °C'den 650 °C'ye yaklaşık 1 saatlik bir ısıtma periyodu ile başlatılmıştır. Numuneler, kararlı faz dönüşümlerinin gerçekleşmesi için 650 °C'de bekletilmiş; ardından ısı kontrollü bir rampa ile 850 °C'ye yükseltilmiştir. Östenitleme sıcaklığı olan 850 °C'de numuneler 45 dakika tutulmuş, böylece martenzitik dönüşüm için gerekli mikro yapısal hazırlık tamamlanmıştır. Son aşamada numuneler 15 dakika içerisinde 250 °C'ye soğutularak işlem sonlandırılmıştır. Bu vakum sertleştirme programı ile nitrasyon öncesi malzemenin sertlik, mikro yapı ve difüzyon davranışını etkileyen temel alt yapının oluşturulması amaçlanmıştır. Görsel 2'de vakum sertleştirme prosesinin sıcaklık-zaman grafiği verilmiştir.



Görsel 2: Vakum Sertleştirme Proses Grafiği

Tüm numuneler, ön işlem farklılıklarının etkilerini doğrudan karşılaştırabilmek amacıyla aynı gaz nitrasyon fırınında ve aynı proses programında nitrasyon işlemine alınmıştır. Vakum sertleştirme uygulanmış numuneler ısıl işlemlerini tamamladıktan sonra, ön işlem uygulanmamış kontrol numuneleriyle birlikte fırına yerleştirilmiş ve tüm numune grupları aynı atmosfer koşullarına maruz bırakılmıştır. Nitrasyon prosesi, ilk olarak numunelerin 400 °C'ye kademeli olarak 4 saat içerisinde ısıtılması ile başlatılmış; ardından 400 °C'de bekletme adımı uygulanmıştır. Bu aşamayı, yüzeydeki oksit ve reaksiyon ürünlerini uzaklaştırmak amacıyla 4 bar ve %99.9 saflıkta azotla 1 saat süpürme (purge) adımı takip etmiştir. Daha sonra fırın, nitrasyon sıcaklığı olan 550 °C'ye rampa ile yükseltilmiş ve sıcaklığa ulaşıldığında kontrollü biçimde amonyak (NH_3) beslemesine geçilmiştir. Bu noktada numuneler önce 550 °C'de 1 saat, ardından 10 dakika boyunca saf amonyak atmosferinde tutulmuş; bu süre sonunda amonyak oranı ayarlanarak %100 NH_3 → %90 NH_3 + %10 CO_2 karışımına geçilmiştir. Asıl nitrasyon aşamasında ise numuneler 4, 6 ve 8 saat olacak şekilde üç farklı süre için bekletilmiş ve bu süre boyunca atmosfer kompozisyonu %60 normal amonyak, %30 parçalanmış amonyak ve %10 karbondioksit şeklinde sabit tutulmuştur. İşlemin tamamlanmasından sonra fırına tekrar 1 saat süreyle azot verilerek ortamda kalan amonyağın uzaklaştırılması sağlanmış; ardından kontrollü soğutma aşamasına geçilerek fırın içi sıcaklığı 80 °C'ye düşürülmüş ve kapak kontrollü şekilde açılarak numuneler soğumaya bırakılmıştır. Bu detaylı proses programı, tüm gruplar için yüzey

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

difüzyonunun aynı koşullarda gerçekleşmesini sağlayarak karşılaştırmalı analizlerin güvenilirliğini artırmıştır.

Nitrasyon işlemi tamamlanan tüm numuneler fırından çıkarıldıktan sonra metalografik incelemeler için standart prosedüre uygun şekilde hazırlık aşamalarına alınmıştır. Öncelikle numuneler kesilerek bakalit kalıplara gömülmüş, dikey kesitler alınarak nitrürlenmiş yüzeyin iç yapısını gösterecek şekilde kesilmiştir. Kesilen yüzeyler, metalografik kaliteyi sağlamak amacıyla sırasıyla zımparalama ve parlatma işleminden geçirilmiş; yüzey pürüzlülüğü giderildikten sonra mikroyapıyı görünür kılmak için uygun nital ile dağlama yapılmıştır. Hazırlanan kesit yüzeyleri optik mikroskop altında incelenmiş, özellikle beyaz tabaka ($\varepsilon + \gamma'$ fazları) ile difüzyon bölgesi kalınlıkları sistematik olarak ölçülmüştür. Mikroyapı incelemelerine ek olarak, sertlik profilinin belirlenmesi amacıyla yüzeye dik doğrultuda Vickers mikrosertlik ölçümleri yapılmış ve hem yüzey sertliği hem de sertlik dağılımı değerlendirilmiştir. Bu süreç, nitrasyonun ve ön işlemlerin mikroyapı ve yüzey özelliklerine olan etkilerini karşılaştırmalı biçimde analiz edebilmek için gerekli tüm verilerin elde edilmesini sağlamıştır.

Yüzey sertliği değerleri, mikrosertlik cihazı kullanılarak belirlenmiş ve her numune için birden fazla (en az üç) ölçüm noktasından alınan sonuçların ortalaması hesaplanarak güvenilir tek bir sertlik değeri elde edilmiştir. Aynı şekilde, beyaz tabaka ve difüzyon bölgesi kalınlıkları mikrograflar üzerinde ölçek barı referans alınarak ölçülmüş; her numune için yapılan çoklu ölçümlerin ortalama ve standart sapma değerleri raporlanmıştır. Elde edilen tüm ölçüm verileri daha sonra elektronik ortama aktarılmış, değerlendirme ve karşılaştırma analizlerinde kullanılmak üzere düzenli bir şekilde arşivlenmiştir.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

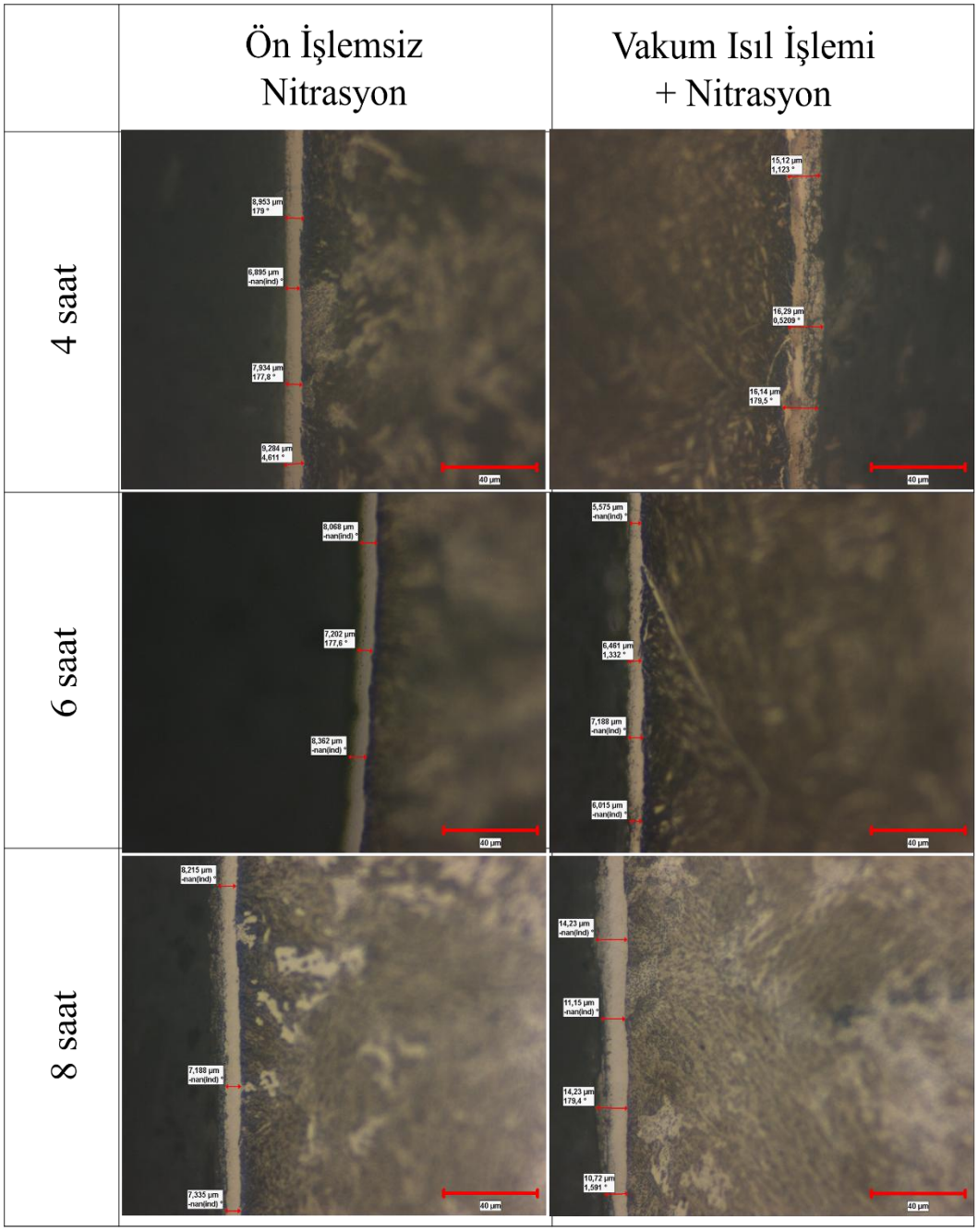
3.1. Ön İşlemsiz ve Vakum Isıl İşlemi Uygulanmış 1.2738 Çeliklerinin Tabaka ve Difüzyon Bölgelerinin Optik Mikroskopta İncelenmesi

Ön işlem uygulanmamış ve vakum ısıl işlemine tabii tutulmış çeliklerin gaz nitrasyon davranışlarını oluşan sert tabaka ve difüzyon bölgesi kalınlıklarını karşılaştırabilmek içinitrasyon işlemine 550^{o}C de 4, 6 ve 8 saat tabii tutulmuş numuneler optik mikroskopta incelenmiş ve bölgelerin kalınlıkları ölçülmüştür.

Görsel 1'de verilen ön işlemsiz ve vakum ısıl işlem uygulanmış çeliklerin nitrasyon işlemi sonrası görüntüde tabaka kalınlıkları ölçülmüştür. Tabaka üzerinde farklı bölgelerden yapılmış ve ortalama tabaka kalınlıkları hesaplanmıştır. 4 saat nitrasyon işlemi uygulanan ön işlemsiz çelikte ortalama tabaka kalınlığı 7,5 µm olarak ölçülürken, aynı süre nitrasyon işlemi uygulanmış vakum ısıl işlemli çelikte bu tabaka kalınlığının 15,5 µm kalınlığında olduğu saptanmıştır. 6 saat nitrasyon işlemine tabii tutulmuş çeliklerde ise ısıl işlemsiz çeliğin sert beyaz tabakası tekrar 7,5 µm ölçülmüş fakat vakum ısıl işlemine tabii tutulan çeliğin sert tabaka kalınlığının 6 µm'e düştüğü belirlenmiştir. 8 saat nitrasyon işlemine tabii tutulan ısıl işlemsiz çelikte ise ortalama tabaka kalınlığı 7,5 µm olduğu ölçülmüş ve vakum ısıl işlem uygulanmış çelikte tabaka kalınlığının tekrar artarak 12 µm olduğu görülmüştür. Sürenin ısıl işlemsiz çelikte sert beyaz tabaka üzerinde çok fazla etkisinin olmadığı belirlenirken, vakum ısıl işlemine tabii

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

tutulmuş çeliklerde artan süreyle beraber beyaz tabaka da kırılgan ε-$Fe_{2-3}N$ fazlarının arttığı ve tabakanın kırılganlaşarak kalınlığının değiştiği gözlemlenmiştir.

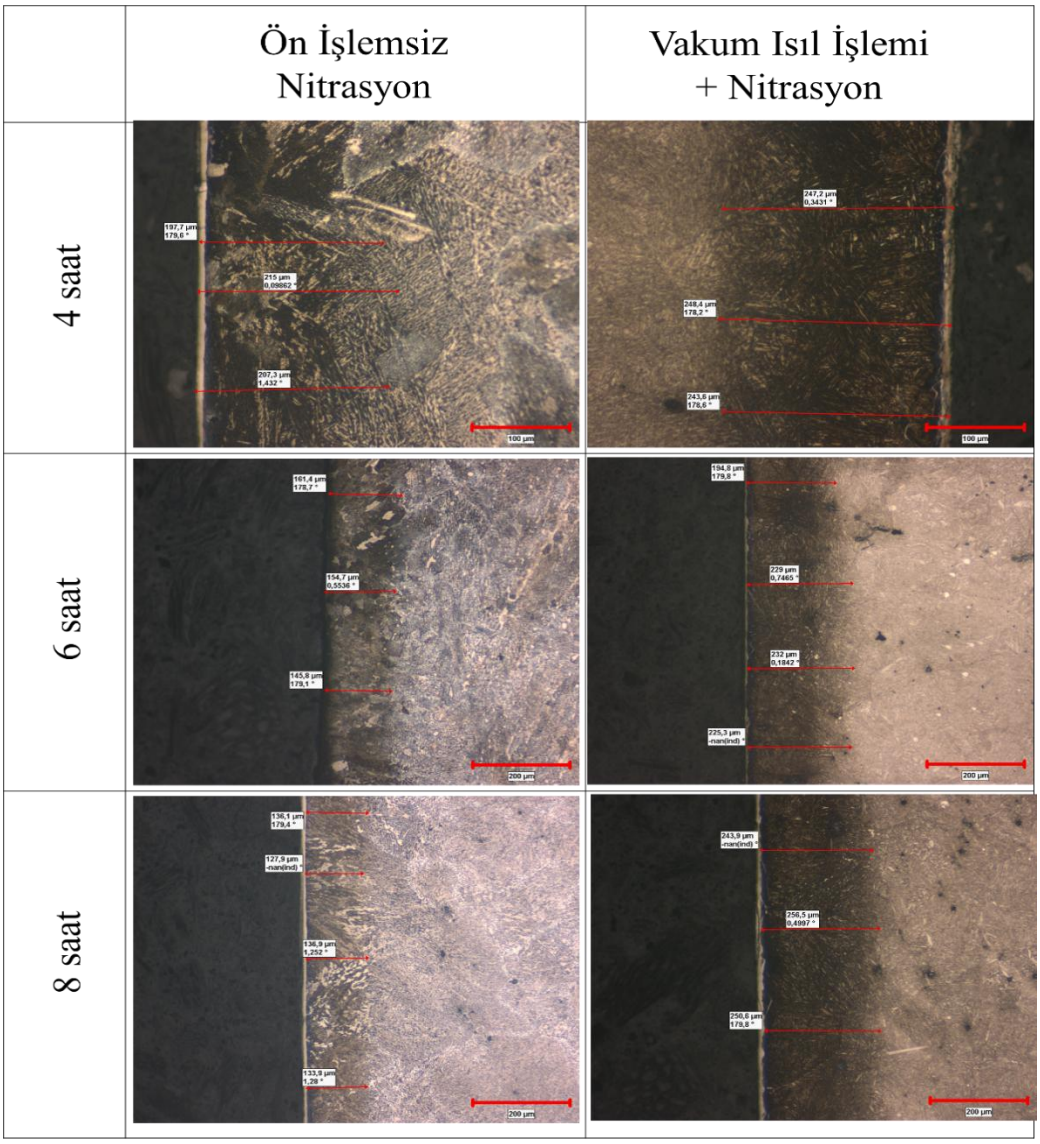


Görsel 4. Ön ısıl işlemsiz nitrasyon işlemi uygulanmış ve vakum ısıl işlemi sonrası nitrasyon ısıl işlemi uygulanmış 1.2738 çeliklerinin tabaka bölgesi optik mikroskop görüntüleri

Görsel 4'te ısıl işlemsiz ve vakum ısıl işlemi uygulanmış 1.2738 çeliklerinin 550°C sıcaklıkta 4,6 ve 8 saat nitrürleme sürelerinde gaz nitrasyon işlemi sonrası difüzyon bölgelerinin kalınlıkları ölçülmüştür. Ölçümler tabakanın alt sınırı ile açık renkli ana fazın başladığı bölgeye kadar olan daha koyu matrisli bölgeler üzerinde gerçekleştirilmiştir. 4 saat nitrasyon işlemi uygulanmış ısıl işlemsiz çelik numune de tabaka kalınlığı 145 µm olarak ölçülürken aynı süre nitrasyon işlemine tabii tutulmuş vakum ısıl işlemli çelikte 247,5 µm olarak ölçülmüştür. 6 saat

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

süre nitrasyon işlemine tabii tutulan ısıl işlemsiz çelikte ise difüzyon bölgesinin kalınlığı ortalama 150 µm olarak ölçülmüştür. Isıl işlemsiz 4 saat nitrasyon işlemi uygulanan numuneye göre çok az bir artış göstermiştir. Vakum ısıl işlemi uygulanmış çelik malzemenin 6 saat nitrasyon işlemi sonrası difüzyon bölgesi kalınlığı ise ortalama 210 µm olarak ölçülmüştür. 8 saat süre de ise ısıl işlemsiz çeliğin difüzyon bölgesi kalınlığının daha az süreler de işlem uygulanan aynı tür numunelere göre oldukça düştüğü gözlemlenmiş ve difüzyon bölgesi kalınlığı 132 µm olarak ölçülmüştür. Burada artan süreyle beraber difüzyon bölgesinde oluşan alaşım elementleri Cr ve Mo elementlerinin ve ana element Fe nitrürlerinin büyümesinin mikroskop incelemesinde faz ayrımını zorlaştırdığı ve ölçümün net olarak yapılamadığı belirlenmiştir. 8 saat nitrasyon işlemine tabii tutulan vakum ısıl işlemli çelikte ise ortalama difüzyon bölgesi kalınlığı 6 saat işlem uygulanan aynı tür numuneye göre artış göstermiş ve difüzyon bölgesi kalınlığı 249,5 µm olarak ölçülmüştür.



Görsel 2. Ön ısıl işlemsiz nitrasyon işlemi uygulanmış ve vakum ısıl işlemi sonrası nitrasyon ısıl işlemi uygulanmış 1.2738 çeliklerinin difüzyon bölgesi optik mikroskop görüntüleri

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

3.2. Ön İşlemsiz ve Vakum Isıl İşlemi Uygulanmış 1.2738 Çeliklerinin Sertlik Değerlerinin İncelenmesi

Çizelge 1. Ön İşlemsiz ve Vakum Isıl İşlemi Uygulanmış 1.2738 Çeliklerinin Yüzey ve Çekirdek Sertlik Değerleri

İŞLEM ADI	YÜZEY SERTLİĞİ	ORTALAMA	ÇEKİRDEK SERTLİĞİ	ORTALAMA
VAKUM + 8 SAAT NİTRASYON	735-736 HV5	735,5 HV5	336-350 HV10	343HV10
VAKUM + 6 SAAT NİTRASYON	776-805 HV5	790,5 HV5	355-356 HV10	355,5 HV10
VAKUM + 4 SAAT NİTRASYON	720-749 HV5	734,5 HV5	322-324 HV10	323 HV10
DİREKT 8 SAAT NİTRASYON	609-627 HV5	618 HV5	199 HV10	199 HV10
DİREKT 6 SAAT NİTRASYON	651-671 HV5	661 HV5	216-218 HV10	217 HV10
DİREKT 4 SAAT NİTRASYON	540-592 HV5	566 HV5	230-259 HV10	244,5 HV10
İŞLEMSİZ PARÇA			219-233 HV10	226 HV10

Gaz nitrasyon işleminin farklı sürelerde uygulanmasının ve vakum ısıl işleminin yüzey ve çekirdek sertliklerine etkileri Tablo 1'de verilen ölçüm sonuçları üzerinden değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, hem ön işlem uygulanmamış numunelerin hem de vakum ısıl işlemine tabii tutulmuş çeliklerin nitrasyon davranışlarının belirgin şekilde farklılaştığını göstermektedir.

Öncelikle yüzey sertliği sonuçları, vakum ısıl işlemi sonrası nitrasyon uygulanan çeliklerde genel olarak daha yüksek değerlere ulaşıldığını göstermektedir. 4 saat nitrasyon işleminde, ön işlemsiz çelikte yüzey sertliği 540–592 HV5 aralığında ve ortalama 566 HV5 olarak ölçülürken, aynı süre vakum ısıl işlemli numunede yüzey sertliğinin 720–749 HV5 aralığına yükseldiği ve ortalama 734,5 HV5 değerine ulaştığı görülmektedir. Bu artış, vakum ısıl işlemi ile martenzitik yapıdaki sert karbür dağılımının homojenleşmesi ve azot difüzyonunun yüzeyde daha yoğun nitrür çökeltilerine sebep olmasıyla ilişkilendirilebilir.

Nitrasyon süresi 6 saate çıkarıldığında, ön işlemsiz numunede yüzey sertliği 651–671 HV5 aralığında ve ortalama 661 HV5 ölçülmüş olup 4 saate göre belirgin bir artış gözlemlenmiştir. Buna karşın vakum ısıl işlemli çelikte yüzey sertliği 776–805 HV5 aralığına ve ortalama 790,5 HV5 yükselerek en yüksek sertlik değerine ulaşmıştır. Bu durum 6 saatlik sürenin vakum uygulanmış çeliklerde azotun yüzeyde daha etkin bağlanmasına ve sertleşme mekanizmasının maksimum seviyeye ulaşmasına olanak sağladığını göstermektedir.

8 saat nitrasyon süresinde ise ön işlemsiz çeliğin yüzey sertliği 609–627 HV5 aralığında ortalama olarak 618 HV5 olarak ölçülmüş ve 6 saate göre hafif bir düşüş göstermiştir. Vakum ısıl işlemli çelikte de yüzey sertliğinin 735–736 HV5 aralığında ortalama olarak 735,5 HV5 seviyesinde olduğu görülmüş ve 6 saatlik işleme göre hafif bir azalma meydana gelmiştir. Hem ön işlemsiz hem de vakum uygulanmış numunelerde 8 saatte yüzey sertliğinin düşmesi, aşırı süre nedeniyle yüzeyde oluşan kararlı olmayan fazların dönüşümü ve yüzeydeki nitrür tabakasının kısmi gevrekleşerek azot difüzyon karakterinin değişmesi ile açıklanabilir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Çekirdek sertliği sonuçları, yüzeyde gözlenen değişimlere kıyasla daha sınırlı değişkenlik göstermiştir. Ön işlemsiz çelikte çekirdek sertliği tüm sürelerde 199–259 HV10 aralığında kalmış olup 4 saat işlemde 199 HV10, 6 saatte 217 HV10 ve 8 saatte 244,5 HV10 olarak ölçülmüştür. Bu artış küçük olsa da difüzyon süresinin çekirdeğe ulaştıkça daha hafif bir sertlik artışı sağladığını göstermektedir.

Vakum ısıl işlemli çelikte ise çekirdek sertliği 4 saat nitrasyon işleminde 322–324 HV10, 6 saatte 355–356 HV10 ve 8 saatte 336–350 HV10 olarak ölçülmüştür. Vakum ısıl işlemi uygulanmış numunelerin çekirdek sertlikleri, ön işlemsiz çeliklere kıyasla belirgin şekilde daha yüksektir. Bu fark, vakum ısıl işlemi sonucunda çekirdekte oluşan martenzitik yapı ve temperlenmiş karbür dağılımının azot difüzyonuna daha açık bir alt yapı sunmasıyla ilişkilendirilebilir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada 1.2738 çeliğine uygulanan farklı ön işlemler (ön işlemsiz ve vakum ısıl işlemli) ile 4, 6 ve 8 saatlik gaz nitrasyon süreçlerinin mikroyapı, difüzyon tabakası ve sertlik özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, vakum ısıl işleminin çeliğin nitrasyon davranışı üzerinde belirgin bir iyileştirici etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Mikroyapı incelemelerinde, vakum ısıl işlemli çeliklerin tüm nitrasyon sürelerinde ön işlemsiz çeliklere kıyasla daha kalın ve daha kararlı bir beyaz tabaka ile daha geniş bir difüzyon bölgesi oluşturduğu belirlenmiştir. 4 saatlik sürede vakum uygulanmış numunelerde tabaka ve difüzyon kalınlıklarının yaklaşık iki katına çıktığı, bu etkinin 6 ve 8 saatlik sürelerde de devam ettiği görülmüştür. Buna karşın 8 saat nitrasyon işleminde ön işlemsiz çeliklerde tabaka bütünlüğü ve difüzyon bölgesi belirgin şekilde bozulmuş, ölçüm güçlükleri ortaya çıkmıştır. Bu durum uzun süreli nitrasyonun özellikle ön işlem uygulanmamış çeliklerde faz ayrımını zorlaştıran, kararsız ve kırılgan yapılar oluşturduğunu göstermektedir.

Sertlik ölçümleri, mikroyapısal bulgularla uyumlu sonuçlar vermiştir. Vakum ısıl işlemli numuneler tüm sürelerde belirgin şekilde daha yüksek yüzey ve çekirdek sertliğine ulaşmıştır. 6 saat nitrasyon süresi vakum uygulanmış çeliklerde optimum etkiyi sağlamış; yüzey sertliği yaklaşık 790 HV5'ye, çekirdek sertliği ise 355 HV10 civarına yükselmiştir. 8 saatlik sürede hem ön işlemsiz hem de vakum uygulanmış çeliklerde yüzey sertliğinde hafif bir düşüş gözlenmiş olup bunun tabaka kararlılığının azalması ve oluşan kırılgan nitrür fazlarının değişimiyle ilişkili olduğu değerlendirilmektedir.

Genel olarak, ön işlem olarak uygulanan vakum ısıl işlemi çeliğin nitrasyon kabiliyetini artırmış; daha kalın, daha homojen, daha sert ve daha kararlı bir nitrür tabakası oluşmasını sağlamıştır. Süre etkisi incelendiğinde ise, 4 saat nitrasyonun yüzey ve difüzyon açısından temel tabakanın gelişmesi için yeterli olduğu; 6 saatlik işlem süresinin sertlik, tabaka kalınlığı ve yapı bütünlüğü açısından en dengeli ve optimum sonuçları verdiği; 8 saatlik sürenin ise özellikle ön işlemsiz çeliklerde tabaka kararlılığını olumsuz yönde etkileyebildiği sonucuna varılmıştır.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Bu bulgular ışığında, 1.2738 çeliklerinde yüksek yüzey sertliği, geniş difüzyon bölgesi ve kararlı bir nitrür tabakası elde etmek için vakum ısıl işlem + 6 saatlik gaz nitrasyon kombinasyonunun en uygun işlem parametresi olduğu değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

Behrens, B. A., Bouguecha, A., Lüken, I., Mielke, J., & Bistron, M. (2014). Tribology in hot forging. In *Comprehensive materials processing* (pp. 211–234). Elsevier.

Hernandez, M., Staia, M. H., & Puchi-Cabrera, E. S. (2008). Evaluation of microstructure and mechanical properties of nitrided steels. *Surface and Coatings Technology*, *202*(10), 1935–1943.

Kamber, Ö. Ş., & Taşçıoğlu, E. (2019). The effect of processing on the surface and subsurface characteristic of plastic injection mold steel. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences, 31*, 17–22.

Kim, K. H., Lee, W. B., Kim, T. H., & Son, S. W. (2022). Microstructure and fracture toughness of nitrided D2 steels using potential-controlled nitriding. *Metals, 12*(1), 139.

Marvila, M. T., de Azevedo, A. R. G., de Matos, P. R., Monteiro, S. N., & Vieira, C. M. F. (2021). Materials for production of high and ultra-high performance concrete: Review and perspective of possible novel materials. *Materials, 14*(15), 4304.

Park, C., Sim, A., Ahn, S., Kang, H., & Chun, E. (2019). Influence of laser surface engineering of AISI P20-improved mold steel on wear and corrosion behaviors. *Surface and Coatings Technology, 377*, 124852.

Pedroso, A. F. V., Sebbe, N. P. V., Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., Sales-Contini, R. C. M., Costa, R. D. F. S., Barbosa, M. L. S., & Nogueira, F. R. (2024). A concise review on materials for injection moulds and their conventional and non-conventional machining processes. *Machines, 12*, 255.

Saoudi, A., Boulahrouz, S., Aissani, L., Chahaoui, O., Kouba, R., Chala, A., & Rahman, M. M. (2024). Characterization of fracture and impact behavior of plasma nitrided 42CrMo4 steel: Structural and mechanical properties. *Matéria (Rio de Janeiro), 29*, e20240468.

Stanley, A. O., Rusnáková, S., Ogunleye, R. O., & Ajayi, N. E. (2025). Optimization of compression moulding technology for laminar composites: An overview. *Next Research, 2*(4).

Widomski, P., & Gronostajski, Z. (2020). Comprehensive review of methods for increasing the durability of hot forging tools. *Procedia Manufacturing, 47*, 349–355.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

SARIÇAM TALAŞI DOLGULU VİNİLESTER ESASLI KOMPOZİTLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF SCOTTISH PINE WOOD-FILLED VINYLSTER-BASED COMPOSITES

Doç. Dr. İlyas KARTAL

Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İstanbul, Türkiye

ilyaskartal@marmara.edu.tr, 0000-0001-9677-477X

Büşra BAYINDIR

Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İstanbul, Türkiye

busrabayindir@marun.edu.tr, 0009-0002-5583-7425

ÖZET

Günümüzde doğal kaynakların hızla tükenmesiyle artan çevre bilinci malzeme mühendisliğinde sürdürülebilir kompozit malzemelere olan ilgiyi önemli ölçüde artırmıştır. Doğal kaynaklı, atıktan elde edilmiş veya yenilenebilir bileşenlerle üretilmiş kompozitler hammadde verimliliği, atık azalımı, enerji tasarrufu ve karbon emisyonlarının düşürülmesi gibi kriterlerde avantaj sağlar. Bu çalışmada, mobilya sektöründen geri kazanılan sarıçam talaşı dolgu malzemesi olarak kullanılmıştır. Böylece hem atık malzemelerin yeniden değerlendirilmesi hem de çevre dostu kompozitlerin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Matris malzemesi olarak vinilester reçinesi tercih edilmiştir. Vinilester reçineler, yüksek kimyasal dayanım, termal kararlılık ve mekanik mukavemetleri sayesinde yapısal kompozit uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, farklı ağırlık oranlarında (%5, %10, %15, %20) sarıçam talaşı dolgulu vinilester kompozitler üretilmiş ve bu malzemelerin mekanik özellikleri incelenmiştir. Sonuç olarak, bu çalışma, doğal kaynaklı dolgu malzemelerinin mühendislik uygulamalarında kullanılabilirliğini araştırarak hem sürdürülebilir üretim anlayışına hem de çevreye duyarlı malzeme geliştirme çalışmalarına katkı sağlamayı hedeflenmiştir.

Anahtar kelimeler: Yeşil kompozit, sürdürülebilir kompozit, vinilester reçine, mekanik özellikler, sarıçam talaşı

ABSTRACT

Increasing environmental awareness due to the rapid depletion of natural resources has significantly increased interest in sustainable composite materials in materials engineering. Composites produced from natural sources, waste products, or renewable components offer advantages in terms of raw material efficiency, waste reduction, energy savings, and carbon emission reduction. In this study, Scots pine sawdust recovered from the furniture industry was used as a filler material. This aimed to both recycle waste materials and develop environmentally friendly composites. Vinylester resin was chosen as the matrix material.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Vinylester resins are widely used in structural composite applications due to their high chemical resistance, thermal stability, and mechanical strength. In this study, vinylester composites filled with Scots pine sawdust at different weight ratios (5%, 10%, 15%, and 20%) were produced, and their mechanical properties were investigated. Consequently, this study aimed to contribute to both the understanding of sustainable production and the development of environmentally friendly materials by investigating the usability of natural-source fillers in engineering applications.

Keywords: Green composite, sustainable composite, vinylester resin, mechanical properties, Scots pine sawdust

GİRİŞ

Sürdürülebilir kompozitler; üretim, kullanım ve bertaraf aşamalarında çevreye minimum zarar veren, geri dönüştürülebilir veya yenilenebilir kaynaklardan elde edilen bileşenlerle üretilen malzemelerdir. Bu malzemeler, yalnızca çevresel fayda sağlamakla kalmaz, aynı zamanda geleneksel kompozitlere kıyasla daha düşük maliyet, daha az enerji tüketimi ve karbon ayak izinde azalma gibi avantajlar da sunar. Sürdürülebilir kompozitler, bir kompozit malzemenin üretiminden kullanımına, son kullanım ömrü ve bertarafına kadar çevresel etkilerini minimize ederek, gelecek nesillerin kaynaklarını tehdit etmeden bugünün ihtiyaçlarını karşılamayı amaçlar.

Bu kapsamda, doğal lifler, bitkisel atıklar ve odunsu dolgu malzemeleri sürdürülebilir kompozitlerin üretiminde yoğun ilgi görmektedir. Özellikle ağaç işleme ve mobilya endüstrisinden elde edilen odun talaşları, düşük yoğunlukları, uygun maliyetleri ve çevreye duyarlı yapıları nedeniyle önemli bir alternatif oluşturmaktadır.

Malzeme mühendisliği perspektifinden bakıldığında, günümüzde sürdürülebilir kompozit malzemeler geliştirmek, yalnızca mekanik performans açısından değil; aynı zamanda çevresel ve ekonomik açıdan da kritik bir gerekliliktir. Zira geleneksel termoset matrisli kompozitler ile petrol-bazlı takviyeli sistemler, bir yandan yüksek performans sunarken diğer yandan atık ve geri dönüşüm sorunları, karbon ayak izi ve kaynak kullanımında sürdürülemezlik baskısı oluşturmaktadır.

Dolgu malzemesi olarak odun talaşlarının kullanılması; bir yan ürün ya da atık olarak değerlendirilmekte olan odun işleme sürecinin çıktısının yeniden kazandırılması bakımından önemlidir. Bu yaklaşım, hammadde kaynağı ihtiyacını azaltırken atık yönetimi ve dolayısıyla çevresel yükleri de hafifletir. Örneğin, talaş dolgulularla geliştirilen biyokompozitler, geleneksel cam veya karbon takviyeli sistemlere kıyasla daha düşük yoğunluk, potansiyel olarak daha düşük maliyet ve daha düşük çevresel etki sunabilmektedir.

Türkiye'de ormanların sürdürülebilir işletilmesi çerçevesinde, endüstriyel odun üretimi son yıllarda ~25-26 m³ milyon civarındadır. Örneğin, 2022 yılı için toplam endüstriyel odun üretimi 25.481.000 m³ olarak raporlanmıştır. Ağaç türleri dağılımına bakıldığında Türkiye ormanlarında iğne yapraklı türlerin genel üretimde önemli paya sahip olduğu ve çam türlerinin bu kapsamda yaygın olduğu belirtilmektedir. Sarıçam (Pinus sylvestris), soğuk ılıman bölgelere

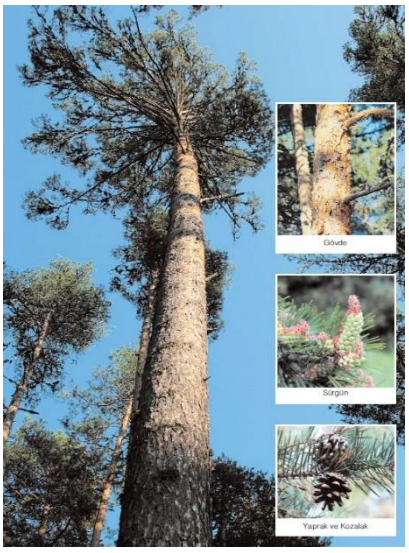
ISBN NR: 978-625-5694-58-4

yaygın olarak adapte olmuş bir iğne yapraklı ağaç türüdür ve kereste, yonga levha ve diğer odun ürünleri hammaddesi olarak yaygın kullanımdadır.

Odun işleme sürecinde çam/sarıçamın işlenen odun içindeki payını %10 olarak tahmin edilmektedir. Böylece yıllık işlenen çam/sarıçam hacmi yaklaşık 2.548.100 m³ civarındadır. Dolgu malzemesi olarak talaş üretimi için literatürde işlenen odun hacminin yaklaşık %7'sinin talaşa dönüştüğü varsayımı ile sadece sarıçam için yıllık talaş hacmi yaklaşık 178.367 m³ olacağı tahmin edilmektedir. Bu da yaklaşık olarak 92 ton düzeyinde talaş çıktısı demektir.[1-4]

Parametre	Değer	Açıklama
Endüstriyel odun üretimi (2022)	25.481.000 m³	Türkiye toplam işlenen odun hacmi
Çam/sarıçam payı	%10	Varsayım
Çam/sarıçam işlenen hacmi	~2.548.100 m³	%10 çarpımı
Talaş üretim oranı	%7	Literatür varsayımı
Yıllık talaş hacmi	~178.367 m³	Hacim hesaplama
Sarıçam yoğunluğu	~514 kg/m³	Literatür değeri
Yıllık talaş kütlesi	~91.7 ton	Hacim × yoğunluk hesabı

Çizelge 1. Türkiye'de çam/sarıçam işleme ve yıllık talaş üretim miktarına ait tahmini veriler



Görsel 1. Tipik sarıçam ağacı **Görsel 2. Sarıçam talaşı**

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Malzemeler

Bu çalışmada genel amaçlı vinilester reçinesi kullanılmıştır. Vinilester reçineler, mükemmel kimyasal dayanıklılık ve mekanik özellikleri sayesinde birçok endüstride geniş bir kullanım alanına sahiptir. Polyester reçinelere göre daha pahalı olsa da, üstün performansı nedeniyle kritik uygulamalarda tercih edilir. Uygun vizkozitesi sayesinde elyafı kolay ve iyi ıslatır.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Hacimsel çekmesi düşüktür. Vinilester reçinesi için sertleştirici olarak Metil Etil Keton Peroksit, (MEK-Peroksit) kullanılmıştır. MEK-Peroksit, polyester, jelkot, vinilester gibi reçinelerin sıvı halden katı hale geçmesini düzenleyen ve kontrol eden, zorunlu olarak kullanılması gereken bir kimyasaldır. Reçine ile stiren gibi reaktif monomerler arasında çapraz bağlanma reaksiyonlarını başlatır.

2.2. Numunelerin Hazırlanması

Kompozit numuneler, vinilester reçinesi ile belirli boyuta sahip olan talaş kombinasyonudur. Eleme işlemine tabi tutulan sarıçam talaşı 0-200 mikron aralığındadır. Daha büyük ve kaba olan partiküller kullanılmamıştır. Kalıp malzemesi olarak Teflon açık kalıp kullanılmıştır. Elenmiş sarıçam talaşı reçineye % 5, 10, 15, 20 oranlarında ilave edilmiştir. Reçine doyuma ulaştığı tespit edilince devam edilmemiştir. Numunelere çekme testi ISO 527 standardına göre, darbe deneyi numuneleri çentiksiz olup 5.4 J Izod çekiç ile, sertlik testi ölçümleri Shore D test cihazında icra edilmiştir. Çizelge 2'de kompozit numune karışım oranları verilmiştir.

Sarıçam Talaşı, (ağırlıkça, %)	**Reçine Oranı**	**Sertleştirici Oranı, %**
0	100	1,5
5	100	1,5
10	100	1,5
15	100	1,5
20	100	1,5

Çizelge 2. Kompozit numune karışımları

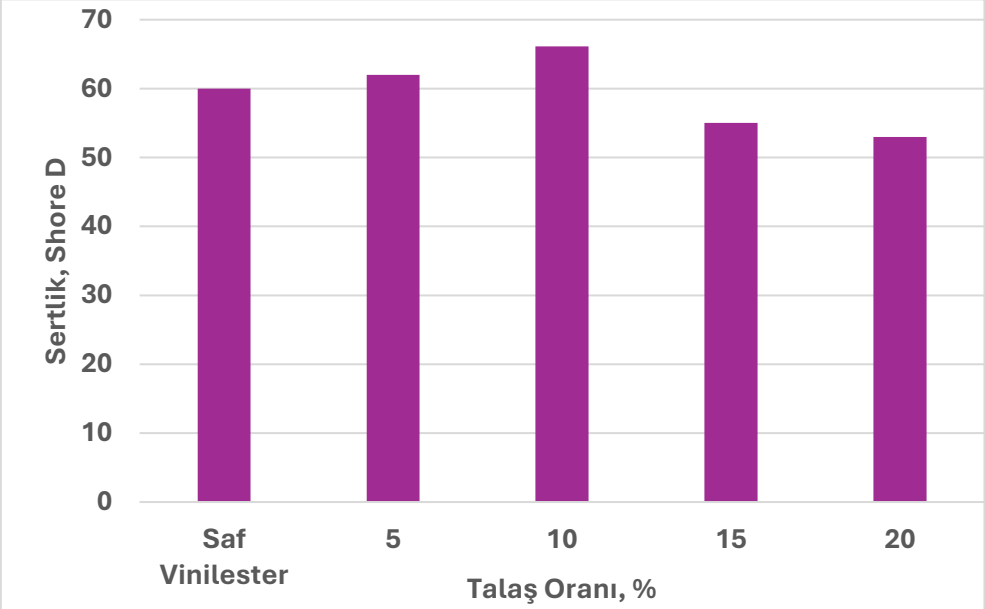
Görsel 3. Numunelerin Fiziki Görüntüsü

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada Sarıçam talaşı ile vinilester reçinesi kombinasyonu ile kompozit numuneler hazırlanmıştır. Dolgu oranı numunelerde doyuma ulaşana kadar devam edilmiş ve standartlara göre numuneler hazırlanarak mekanik özellikleri incelenmiştir.

Kompozit malzemelere ASTM D2240 standardına uygun olarak Shore D sertlik testi uygulanmıştır. Shore D sertlik ölçeği, özellikle sert polimerler, termoset reçineler ve fiber takviyeli kompozitler için tercih edilir. Elde edilen veriler çizelge 3'te verilmiştir.[5-8]

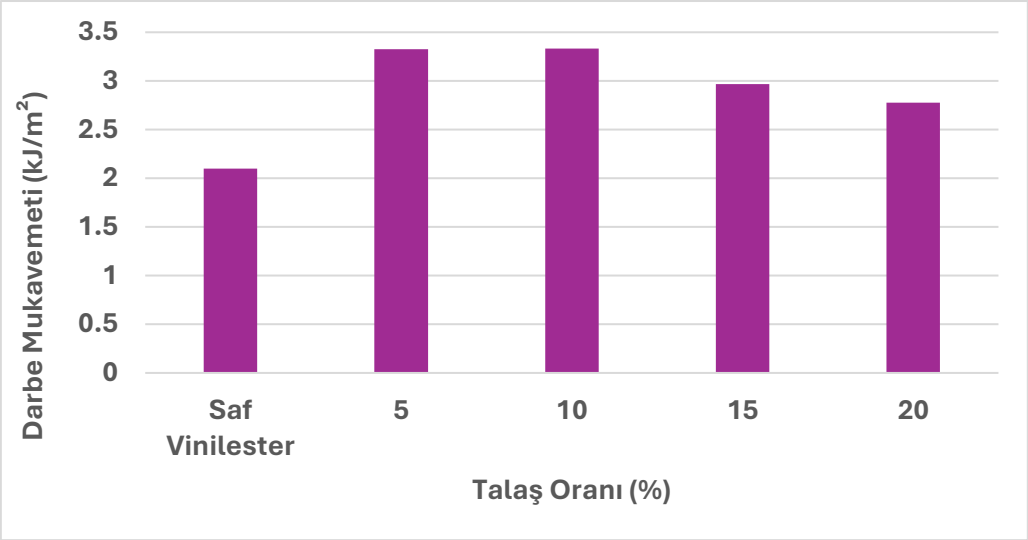


Çizelge 3. Sarıçam talaşı dolgulu vinilester kompozit numunelerin Shore D sertlik özellikleri

Sertlik testi sonuçlarına göre, %5–10 oranlı talaş dolgusunun vinilester matrisin sertliğini artırdığını, ancak yüksek oranlarda (%15 ve 20) dolgu miktarının artmasıyla birlikte sertlikte düşüş meydana geldiğini göstermektedir. Bu durum literatürde de sıkça vurgulanmıştır. Düşük oranlı takviyelerde talaş parçacıkları matris fazı içinde yük transferini destekleyen takviye elemanları gibi davranmakta, ancak oran arttıkça talaş yığılmaları, ara yüzey zayıflıkları ve boşluk oluşumu nedeniyle malzeme homojenliği bozulmakta, bu da sertlik değerini düşürmektedir. Bu sonuçlar, talaşın kompozit matrisle etkileşiminin kritik olduğunu ve optimum dolgu oranının belirlenmesinin yüzey dayanımı açısından büyük önem taşıdığını göstermektedir. Özellikle vinilester reçinesinin çapraz bağlı yapısı nedeniyle yüksek sertliğe sahip olduğu, ancak lif–matris ara yüzeyinde yeterli bağlanma sağlanmadığında bu avantajın azaldığı düşünülmektedir. Dolayısıyla, %10 sarıçam talaşı takviyesi, vinilester matris için optimum sertlik değerini sağlamaktadır.

Benzer eğilim Singh ve ark. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada da gözlenmiştir; araştırmacılar, odun unuyla takviye edilmiş vinilester kompozitlerde %10 takviye oranına kadar sertlikte artış, daha yüksek oranlarda ise azalma rapor etmiştir. Ayrıca Zieleniewska ve ark. (2016) poliüretan–odun unlu kompozitlerde dolgu oranı arttıkça matrisin sertliğinde düşüş olduğunu belirtmiştir.[6-8-9]

ISBN NR: 978-625-5694-58-4



Çizelge 4. Sarıçam talaşı dolgulu vinilester kompozit numunelerin darbe mukavemeti özellikleri

Kompozit malzemelerde darbe mukavemeti, malzemenin ani darbe veya çarpma etkisi altında kırılmadan önce absorbe edebildiği enerji miktarını ifade eder. Bu özellik, özellikle otomotiv, inşaat, spor ekipmanları ve savunma sanayi gibi alanlarda kullanılan malzemelerin tokluk davranışını belirlemede kritik öneme sahiptir.

Çizelge 4'te görüldüğü üzere, saf vinilester numunesinin darbe mukavemeti yaklaşık 2.1 kJ/m², %10 oranındaki dolgulu numunenin darbe mukavemeti en yüksek değer olarak tespit edilmiştir. Daha yüksek talaş oranlarında (%15 ve %20) ise değerlerin gerilediği gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, düşük oranlı talaş katkısının matris içinde enerji soğurucu bölgeler oluşturarak darbe dayanımını artırdığını, ancak yüksek oranlarda talaş yığılmaları, zayıf ara yüzey bağları ve boşluk oluşumları nedeniyle enerjinin homojen dağılmadığını göstermektedir. Benzer sonuçlar literatürde de rapor edilmiştir. Khalid ve ark. (2008) tarafından yapılan çalışmada, odun tozu takviyeli polimer kompozitlerde %10'a kadar dolgu oranının darbe direncini artırdığı, ancak bu oranın üzerinde gevrekleşme eğilimi gözlendiği bildirilmiştir. Darbe enerjisindeki artış, özellikle talaşın lif benzeri morfolojisi sayesinde çatlak ilerlemesini yavaşlatmasından kaynaklanmaktadır. Talaş parçacıkları, matris içinde çatlak yönünü değiştirerek veya çatlak uçlarını saptırarak enerji emilimini artırmaktadır. Ancak dolgu oranı yükseldikçe talaş parçalarının aglomerasyon eğilimi, matris bütünlüğünü bozarak kırılma tokluğunun azalmasına yol açmaktadır.

Bu eğilim, Singh ve ark. (2019)'un vinilester–odun tozu kompozitleri üzerine yaptığı çalışmayla uyumludur. Onların bulgularına göre optimum dolgu oranı %10 civarındadır. Ayrıca Ramesh ve ark. (2020) doğal lif takviyeli vinilester kompozitlerde benzer şekilde düşük dolgu oranlarının enerjiyi dağıtarak tokluğu artırdığını, ancak yüksek oranlarda kırılgan davranışın baskın hale geldiğini belirtmiştir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Dolgu Oranı (Ağırlıkça, %)	Çekme Mukavemeti (MPa)	% Uzama
0	19,4	0,44
5	21,2	0,26
10	19,2	0,26
15	15,9	0,24
20	13,8	0,20

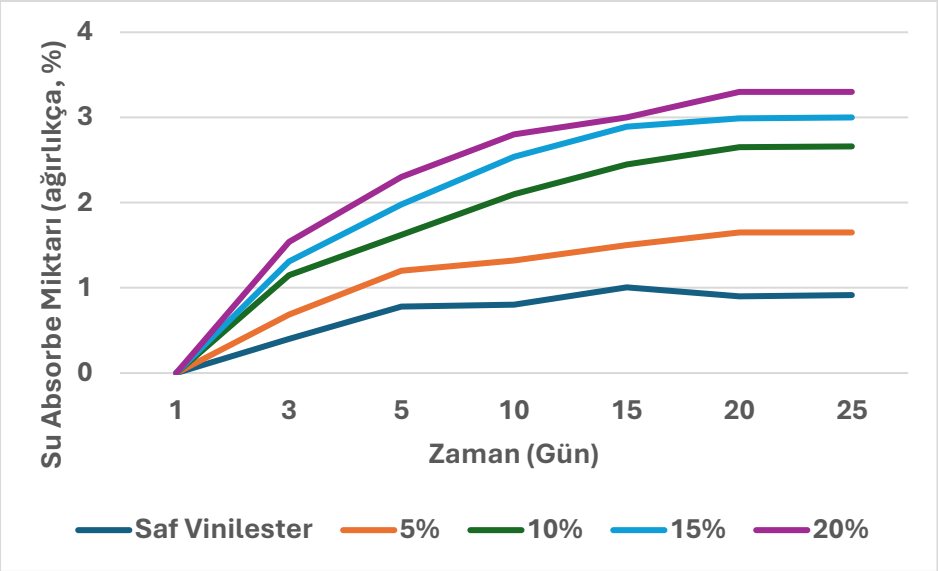
Çizelge 5. Sarıçam talaşı dolgulu miktarının numunelerin çekme mukavemeti özelliklerine etkisi

Sarıçam talaşı dolgu oranının artmasının çekme mukavemeti üzerindeki etkisi çizelge 5'te gösterilmiştir. Saf vinilester numunesi 19,4 MPa çekme mukavemetine sahipken, %5 oranında sarıçam talaşı ilavesi bu değeri 21,2 MPa seviyesine yükseltmiştir. Bu artış, düşük dolgu oranlarında talaşın matris içerisinde daha iyi dağılması, matris–dolgu arasında mekanik kilitlenmenin artması ve lif benzeri lignoselülozik yapıların yük transferine olumlu katkı sağlamasıyla ilişkilendirilebilir. Literatürde doğal lif takviyeli kompozitlerde düşük dolgu oranlarında benzer şekilde mukavemet artışı gözlendiği belirtilmektedir.

Dolgu miktarı %10 seviyesine çıkarıldığında çekme mukavemeti tekrar 19,2 MPa seviyesine düşmüş olup saf numune ile benzer performans göstermiştir. Bu noktadan sonra, özellikle %15 (%15,9 MPa) ve %20 (%13,8 MPa) dolgu oranlarında çekme mukavemetinin belirgin biçimde azaldığı görülmektedir. Mukavemetteki bu düşüş, yüksek dolgu oranlarında sarıçam talaşının matris içinde homojen dağılmamasından, dolgu partiküllerinin birbirleriyle temas ederek aglomere yapılar oluşturmasından ve matris–dolgu ara yüzeyinin zayıflamasından kaynaklanmaktadır. Nitekim doğal lifli kompozitlerde dolgu oranı arttıkça ara yüzeyde boşluklar, lif çekilmesi ve zayıf bağlanma gözlendiği bilinmektedir.

Numunelerin % uzama değerleri incelendiğinde dolgu oranı arttıkça süneklik değerinin belirgin şekilde azaldığı görülmektedir. Saf vinilester 0,44% uzamaya sahipken, %20 dolgu oranında bu değer 0,20%'ye düşmektedir. Bu durum, sarıçam talaşının kompozite gevreklik kazandırması, matrisin deformasyon kabiliyetini sınırlaması ve yük altında elastik olmayan bölgenin kısalması ile açıklanabilir. Literatürde lignoselülozik dolguların polimer matrisin sünekliğini azalttığı ve kompoziti daha gevrek hale getirdiği birçok çalışmada rapor edilmiştir.[10-13]

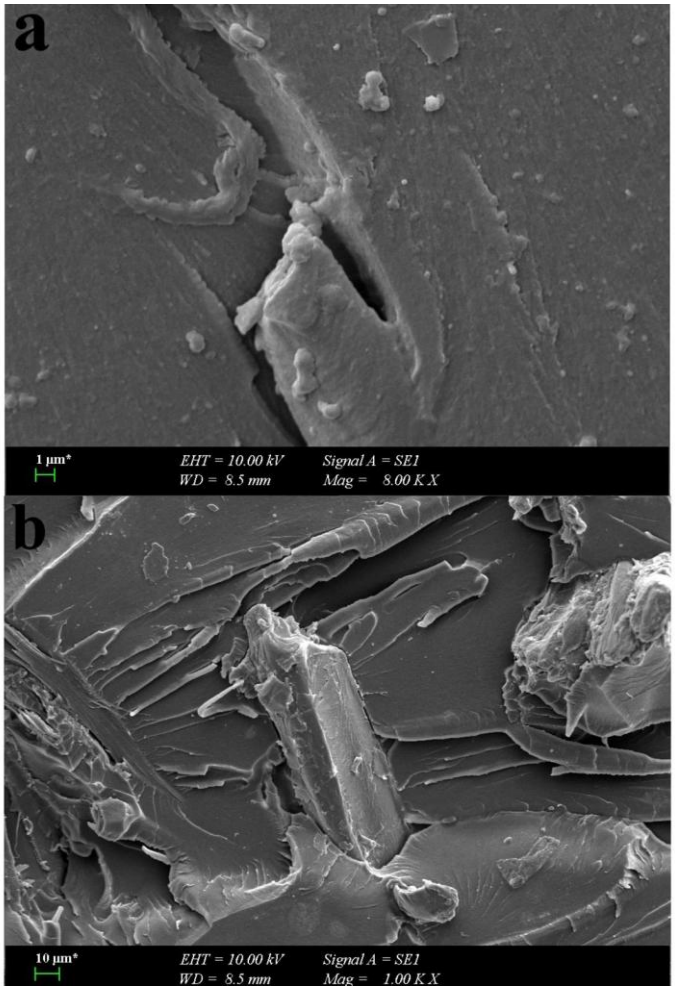
ISBN NR: 978-625-5694-58-4



Görsel 4. Çam Talaşı Dolgulu Kompozit Numunelerin Su Emme Testi Sonuçları

Sarıçam talaşı dolgusunun kompozitlerin su emme davranışı üzerindeki etkisi görsel 4'te görülmektedir. Saf vinilester numunesi 25 gün sonunda yaklaşık %0,9 su absorbe ederken, dolgu oranı arttıkça su alma miktarının belirgin şekilde yükseldiği anlaşılmaktadır. %5, %10, %15 ve %20 dolgu oranlarında su emme değerleri sırasıyla %1,65, %2,66, %3,00 ve %3,30 seviyelerine ulaşmıştır. Bu artış, sarıçam talaşının lignoselülozik yapısından kaynaklanan hidrofilik karakteri ve kompozit içerisinde oluşturduğu mikro boşluklar nedeniyle suyun matrise daha kolay difüze olmasından kaynaklanmaktadır. Su emme eğrileri tüm numunelerde ilk günlerde hızlı bir artış göstermiş, daha sonra ise dengeye ulaşmıştır. Genel olarak sarıçam talaşı ilavesi kompozitin suya karşı duyarlılığını artırmış olup, yüksek dolgu oranlarında su absorpsiyonunun daha belirgin şekilde arttığı görülmektedir. [10-13]

ISBN NR: 978-625-5694-58-4



Görsel 5. a) Saf vinilester SEM görüntüsü b) %10 Sarıçam talaşı dolgulu kompozit numunenin SEM görüntüsü

Numunelerin SEM görüntüleri görsel 5'te sunulmuştur. Görsel 5(a), saf vinilester reçinesinin mikroyapısını göstermektedir. Saf vinilester numunesinin yüzeyi genel olarak düzgün olmakla birlikte, yapının gevrek kırılma karakteristiğine işaret eden mikro çatlaklar ve büzülme kaynaklı yüzey ayrılmaları gözlenmektedir. Görsel 5(b) ise çam talaşı dolgulu vinilester kompozitine ait mikroyapıyı göstermektedir. Görüntüde talaşın lignoselülozik yapısına ait lif benzeri morfolojinin belirgin olduğu ve dolgunun matris içerisinde farklı yönelimlerde dağıldığı görülmektedir. Lif yüzeyinin bir kısmında matrisin talaşı iyi ıslatarak yüzeye tutunduğu gözlenirken, bazı bölgelerde matris-dolgu arayüzünde kısmi ayrılmalar ve mikro boşluklar mevcuttur. Bu durum, doğal liflerin yüzeyindeki hidroksil gruplarının nem çekme eğiliminden ve karıştırma aşamasındaki sınırlı dispersiyondan kaynaklanmaktadır. Çam talaşının kompozit boyunca tam olarak homojen dağılmadığı, ancak liflerin matris içerisinde mekanik kilitlenmeyi artıracak şekilde yerleştiği anlaşılmaktadır. Dolgu-matris arayüzündeki bu tutunma karakteri, kompozitin sertlik ve rijitlik gibi özelliklerini artırırken, darbe dayanımını sınırlı şekilde etkileyebilmektedir. [14-18]

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

4.TARTIŞMA

Bu çalışma kapsamında, mobilya sektöründen elde edilen sarıçam talaşının vinilester esaslı kompozit sistemlerde dolgu malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Elde edilen bulgular, lignoselülozik yapıya sahip olan sarıçam talaşının vinilester reçine ile kısmen uyumlu bir dolgu karakteri sergilediğini göstermektedir.

Mekanik test sonuçları değerlendirildiğinde; çekme mukavemetinin %5 dolgu oranında saf vinilestere kıyasla yaklaşık %9 artış gösterdiği, darbe mukavemetinin ise %10 dolgu oranında yaklaşık %23 artarak en yüksek seviyeye ulaştığı belirlenmiştir. Sertlik değerlerinin ise %10 dolgu oranına kadar arttığı, ancak daha yüksek oranlarda (%15–20) matris–dolgu ara yüzey zayıflıkları ve partikül aglomerasyonları nedeniyle düşüş gösterdiği tespit edilmiştir. Doğal lif ve odunsu dolgularda yaygın olarak görüldüğü üzere, sarıçam talaşı da selülozik ve hidrofilik yapısı nedeniyle kompozitin su absorpsiyon davranışını belirgin şekilde etkilemiştir. Dolgu oranının artmasıyla birlikte su emme oranları sürekli bir artış göstermiştir. Bu durum talaşın nem çekme eğilimi ve kompozit içerisinde oluşturduğu mikro boşluklarla ilişkilendirilebilir.

Ayrıca sarıçam talaşının kompozit matris içinde homojen dağıldığında mekanik kilitlenmeyi artırdığı, ancak yüksek dolgu oranlarında görülen heterojen dağılım ve boşluk oluşumlarının çekme ve darbe performansını olumsuz yönde etkilediği SEM görüntülerinden anlaşılmıştır.

Sonuç olarak, elde edilen veriler sarıçam talaşının uygun dolgu oranı seçildiğinde vinilester esaslı kompozitlerin mekanik özelliklerini geliştirebilen, ekonomik, atık değerlendirmeye katkı sağlayan ve sürdürülebilir bir dolgu malzemesi olarak kullanılabileceğini ortaya koymaktadır. Ancak yüksek dolgu oranlarında ara yüzey problemlerinin mekanik performansı sınırladığı görülmüş olup, bu tür sistemlerde optimum dolgu oranının belirlenmesi kritik öneme sahiptir.

KAYNAKÇA

[1] Mohanty, A. K., Misra, M., & Drzal, L. T., Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites, CRC Press, 2018.

[2] Pickering, K. L., Efendy, M. A., & Le, T. M., "A review of recent developments in natural fibre composites and their mechanical performance", *Composites Part A*, 83, 98–112, 2016.

[3] Li, X., Tabil, L. G., & Panigrahi, S., "Chemical treatments of natural fiber for use in natural fiber-reinforced composites: A review", *Journal of Polymers and the Environment*, 28(3), 659–677, 2020.

[4] Sharma, S., & Kaur, R., "Review on vinyl ester based polymer composites", *Materials Today: Proceedings*, 44, 1963–1969, 2021.

[5] ASTM D2240 – *Standard Test Method for Rubber Property—Durometer Hardness*.

[6] Singh, J., Kumar, R., & Ahuja, D., "Mechanical and thermal properties of wood dust reinforced vinyl ester composites", *Journal of Composite Materials*, 53(12), 1697–1710, 2019.

[7] Zieleniewska, M., et al., “Polyurethane composites filled with natural waste fillers: Mechanical and thermal properties”, *Composites Part B*, 91, 189–198, 2016.

[8] Callister, W. D., & Rethwisch, D. G., *Materials Science and Engineering: An Introduction*, 10th Ed., Wiley, 2020.

[9] Khalid, M., Ali, F., Jawaid, M., Zainudin, E. S., & Ahmad, M. N., “Effect of filler loading on the mechanical properties of wood dust reinforced polymer composites”, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 27(14), 1585–1598, 2008.

[10] Çetin, N., & Yılmaz, H., “Doğal lif takviyeli polimer kompozitlerin mekanik özelliklerinin incelenmesi”, *Polimer Bilimi Dergisi*, 6(2), 45–56, 2018.

[11] Aydın, M., “Ahşap esaslı atıkların kompozit malzemelerde kullanımı ve mekanik performansa etkisi”, *Malzeme Bilimi ve Teknolojisi Dergisi*, 3(1), 12–21, 2020.

[12] Kocaman, S., & Altun, S., “Lignoselülozik dolgu katkısının kompozitlerin çekme özelliklerine etkisi”, *Doğal Malzemeler ve Kompozitler Dergisi*, 5(3), 101–110, 2017.

[13] Özdemir, İ., & Kılıç, A., “Ağaç talaşı katkılı termoset kompozitlerin mekanik özellikleri”, *Türk Kompozit Dergisi*, 4(2), 77–86, 2019.

[14] Bakar, M., & Kuram, E., “Characterization of Vinyl Ester Based Polymer Composites: Morphological and Mechanical Analysis”, *Polymer Testing*, 97, 107154, 2021.

[15] George, J., & Thomas, S., “Morphological Study of Unsaturated Polyester and Vinyl Ester Resins”, *Journal of Applied Polymer Science*, 125(5), 3704–3713, 2012.

[16] Kandola, B. K., et al., “Thermal and Morphological Characteristics of Vinyl Ester Resins”, *Composites Part A*, 112, 271–281, 2018.

[17] Li, X., Tabil, L. G., & Panigrahi, S., “Chemical Treatments of Natural Fiber for Use in Natural Fiber-Reinforced Composites: A Review”, *Journal of Polymers and the Environment*, 15(1), 25–33, 2007.

[18] Sain, M., & Panthapulakkal, S., “Mechanical Properties of Wood Fiber Reinforced Composites”, *Composites Part A*, 37(11), 1667–1676, 2006.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

FINDIK KABUĞU DOLGULU VİNİLESTER ESASLI KOMPOZİTLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF HAZELNUT SHELL FILLED VINYLESTER BASED COMPOSITES

Doç. Dr. İlyas KARTAL

Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İstanbul, Türkiye

ilyaskartal@marmara.edu.tr, 0000-0001-9677-477X

Sudenaz KILINÇASLAN

Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İstanbul, Türkiye

sudenazkilincaslan@marun.edu.tr, 0009-0009-6750-4602

Özet

Fındık, Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi başta olmak üzere dünyanın birçok yerinde yetiştirilen ve hem gıda hem de ekonomik açıdan büyük öneme sahip bir tarım ürünüdür. Fındık üretimi sonucu ortaya çıkan fındıkkabuğu atığı, hacimsel olarak önemli miktarlara ulaşmakta ve genellikle yakılarak veya düşük değerli alanlarda imha edilmektedir. Bu gibi atıkların değerlendirilmesi, çevresel sürdürülebilirlik ve yeni bir hammadde kaynağı oluşturulması açısından büyük önem taşımaktadır. Tarım atıklarının bu şekilde yönetilmesi ve katma değeri yüksek bir şekilde kullanılması, son yıllarda yeşil kompozit malzemeler alanında dolgu maddesi olarak değerlendirilmektedir.

Bu çalışmada, evsel ve endüstriyel fındık tüketimi sonucu oluşan fındıkkabuğu atığının, yüksek kimyasal direnç ve üstün mekanik özellikler sunan vinilester reçine içinde dolgu malzemesi olarak kullanılabilirliği incelenecektir. Dolgu malzemesi olarak ülkemizdeki yoğun üretimden elde edilen fındıkkabuğu tercih edilmiş, böylece bu atığın katma değer sağlayarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Hazırlanan kompozit numuneler üzerinde sertlik, çekme, darbe, su absorpsiyonu gibi testler yapılmıştır. Kırık yüzey analizleri için SEM görüntüleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fındıkkabuğu tozu, vinilester reçine, mekanik özellikler, yeşil kompozit, atık değerlendirme

Abstract

Hazelnuts are an agricultural product grown in many parts of the world, particularly in the Black Sea Region of Türkiye, and are of great importance for both food and economic purposes. Hazelnut shell waste resulting from hazelnut production reaches significant volumes and is generally incinerated or disposed of in low-value areas. Utilizing such waste is crucial for environmental sustainability and creating a new raw material source. This management and high-value-added use of agricultural waste has recently been evaluated as a filler material in the field of green composite materials.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

This study will investigate the usability of hazelnut shell waste resulting from domestic and industrial hazelnut consumption as a filler material in vinylester resin, which offers high chemical resistance and superior mechanical properties. Hazelnut shells, obtained from intensive production in our country, were chosen as the filler material, aiming to utilize this waste by providing added value. Hardness, tensile, impact, water absorption tests were conducted on the prepared composite samples. SEM imaging studies were performed for fracture surface analyses.

Keywords: Hazelnut shell powder, vinylester resin, mechanical properties, green composite, waste utilization

1. Giriş

İnsanoğlunun artan ihtiyaçları, mühendislik alanında her geçen gün yeni çalışmalar doğurmaktadır. Tek bileşenle erişilemeyen özelliklere sahip bir malzeme üretmek için birkaç bileşeni birleştirme fikri ise bu ihtiyaçlara cevap vermekte önemli bir rol oynamaktadır. Dolayısıyla günümüzde yapılan mühendislik çalışmalarının kayda değer kısmı kompozit malzemeler üzerinedir. [1]

Yeşil kompozitler, bileşenlerden en az birinin, doğal kaynaklardan elde edildiği özel bir kompozit sınıfıdır. Biyolojik olarak parçalanabilme, çevresel problemlere ve azalan kaynaklara çözüm bulma, kolay işlenebilme, cildi tahriş etmeme, uygun maliyet, esneklik artışı, ses yalıtımı, geri dönüşüm gibi olumlu özellikleri geleneksel kompozitlere alternatifler sunmaktadır. Doğal liflerden ve biyolojik olarak parçalanabilir polimerlerden meydana gelmesi sebebiyle 21. yüzyılda çevre sorununa önemli bir katkı sağlayacağı ve azalan petrol kaynakları için de umut verici bir potansiyel olacağı düşünülmektedir. Tüm bu olumlu özelliklerle, yeni çevre dostu polimerik kompozit malzeme olarak ortaya çıkan yeşil kompozitler, ticari ve mühendislik uygulamalarında tekno-ekonomik avantajlar sunmakta ve global pazardan çok yüksek bir baskıya sahip olmaktadır. Bu sebeple günümüzde, bilim insanları ve araştırmacılar için, mevcut pazarda bulunan çeşitli polimerlerin özelliklerini ve uygunluğunu, yeşil kompozit için matris malzemesi olarak kullanılıp kullanılmayacaklarını araştırmak gittikçe önem kazanmaktadır. [2-3]

Fındık; bademden sonra dünyada en yaygın yetiştiriciliği yapılan sert kabuklu meyvedir. Fındık, özellikle gıda endüstrisinde önemli bir ekonomik değer taşımaktadır. Çikolata ve şekerleme sanayinde; çikolata, gofret, bisküvi, dondurma, kek, kurabiye ve pasta üretiminde hammadde olarak kullanılmasının yanı sıra, yemeklik ve gıda katkı maddesi olarak değerlendirilen fındık yağı da değerli bir yan ürün konumundadır. Bunun yanında, kozmetik ve kişisel bakım ürünleri ile kimya ve boya sanayinde de fındık ve türevleri yaygın olarak kullanılmaktadır [4-6]

Fındık başta Türkiye, İtalya, İspanya, ABD, Şili, Çin, İran, Fransa, Azerbaycan, Rusya ve Gürcistan olmak üzere birçok ülkede yetiştirilmektedir. Dünya fındık üretimi yıllara göre değişmekle birlikte genellikle 800 bin–1,2 milyon ton (kabuklu) seviyelerinde seyretmekte olup, Türkiye bu üretimin yaklaşık %65–75'ini karşılayarak küresel lider konumundadır. Uluslararası Sert Kabuklu ve Kuru Meyveler Konseyi (INC) verilerine göre, 2022 sezonunda dünya üretimi 1,16 milyon ton olarak gerçekleşmiş ve Türkiye'nin payı %68 olmuştur. Fındık

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

cinsine göre değişse de dış kabuk ağırlığı toplam ağırlığın yaklaşık %50-55'i kadardır. Yani fındığın yarısı sert kabuktan oluşmaktadır. Dünyada her yıl binlerce ton sert fındık kabuk atığı oluşmaktadır. Ülkemizde yaklaşık olarak 400 bin ton fındıkkabuğu ortaya çıkmaktadır. Fındıkkabuğu ülkemizde yüksek kalorili bir yakacak olarak kullanılmaktadır [4, 5]. Fındık üretimi sırasında ortaya çıkan fındıkkabukları, yüksek lignoselülozik içeriği nedeniyle biyokompozit malzemeler için düşük maliyetli dolgu maddesi olma potansiyeli taşımaktadır. [7]

Fındık sektörü bu denli geniş bir ekonomik değere sahip olmasına rağmen, üretim sürecinde ortaya çıkan fındıkkabuğu gibi organik yan ürünlerin büyük bir kısmı atık olarak değerlendirilmektedir. Fındıkkabuğu bu durum hem çevresel hem de ekonomik açıdan önemli bir sorun oluşturmaktadır. Günümüzde sürdürülebilirlik amacı doğrultusunda bu tür tarımsal atıkların geri dönüştürülmesi, katma değeri yüksek yeni malzemelere dönüştürülmesi giderek önem kazanmaktadır. Bu bağlamda yürütülen bu çalışmada, fındıkkabuğunun geri dönüştürülerek vinilester matrisli kompozit malzeme üretiminde dolgu malzemesi olarak kullanılması amaçlanmıştır. Böylece hem atık yönetimi açısından çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlanması hem de yerli, çevre dostu ve ekonomik kompozit malzeme üretimi hedeflenmiştir.

Dünyada Fındık Üretimi (2022)	1.Türkiye	765 bin ton (%63)
	2.İtalya	98 bin ton (%8)
	3.Azerbaycan	72 bin ton (%6)
Dünyada Fındık İthalatı (2023)	1.Almanya	480 miyon dolar (%25)
	2.İtalya	375 milyon dolar (%20)
	3.Fransa	152 milyon dolar (%8)
Dünyada Fındık İhracatı (2023)	1.Türkiye	995 milyon dolar (%54)
	2.Şili	232 milyon dolar (%11)
	3.İtalya	185 milyon dolar (%10)

Çizelge 1. Türkiye'de ve Dünyada Fındık İthalat- İhracat Oranları [8]

Vinilester reçineleri, epoksi ile doymamış asitin reaksiyona girmesiyle elde edilmektedir. Stiren monomerinde çözünmüş metakrilik asit ve bisfenol A (BPA) epoksi reçinesinin reaksiyonu en yaygın versiyonudur. Çevre koşullarına dayanıklılığı ile bilinir çünkü yüksek reaktiviteleri tam kürlenmeye polyesterlerden daha kolay ve daha hızlı ulaşmaktadır. Vinilester reçineler, epoksi reçinelerin avantajları ile doymamış polyester reçinelere özgü kolay işleme/hızlı sertleşme gibi özellikleri birleştirmek üzere geliştirilmiştir. Aynı zamanda mekanik dayanım ve mükemmel korozyon dayanımı sağlamaktadır. [9-10]

Bu çalışmada vinilester matrisli fındıkkabuğu dolgulu kompozit numuneler hazırlanmış ve bazı mekanik özellikleri ve fiziksel özellikleri incelenmiştir.

2. Deneysel Çalışmalar

Kompozit numuneler vinilester reçinesi ve fındıkkabuğu dolgusundan oluşmaktadır. Numunelerin içerikleri çizelge 2'de verilmiştir. Her bir numune için standart olarak ağırlıkça %1 oranında sertleştirici kullanılmıştır. Numuneler %5-10-15 ve 20 fındıkkabuğu dolgulu olarak hazırlanmış ve dolgu doyum oranı %20 olarak tespit edilmiştir. Numunelere ISO 527

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

standartına göre çekme testi, çentiksiz numunelere Izod Darbe deneyi, Shore D cihazıyla da sertlik testi yapılarak mekanik özellikleri incelenmiş ayrıca da kırık yüzeylerin SEM analizi yapılmıştır. Bunlara ek olarak su emme testi de yapılmıştır.

Fındık Kabuğu Oranı, % ağırlıkça	Vinilester Oranı	Sertleştirici Oranı, %
0	100	1
5	100	1
10	100	1
15	100	1
20	100	1

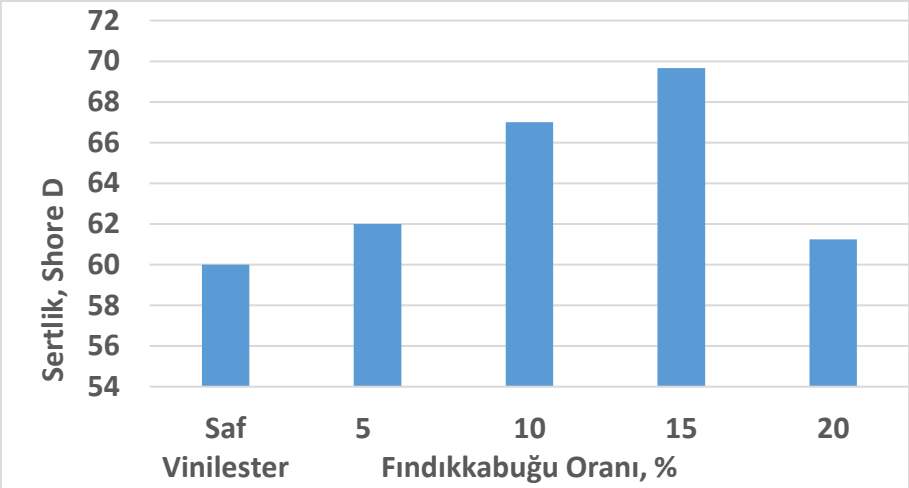
Çizelge 2.Kompozit Numunelerin İçeriği

Görsel 1. Dolgu Olarak Kullanılan Fındığın Tipik Görüntüsü

3. Sonuçlar ve Değerlendirme

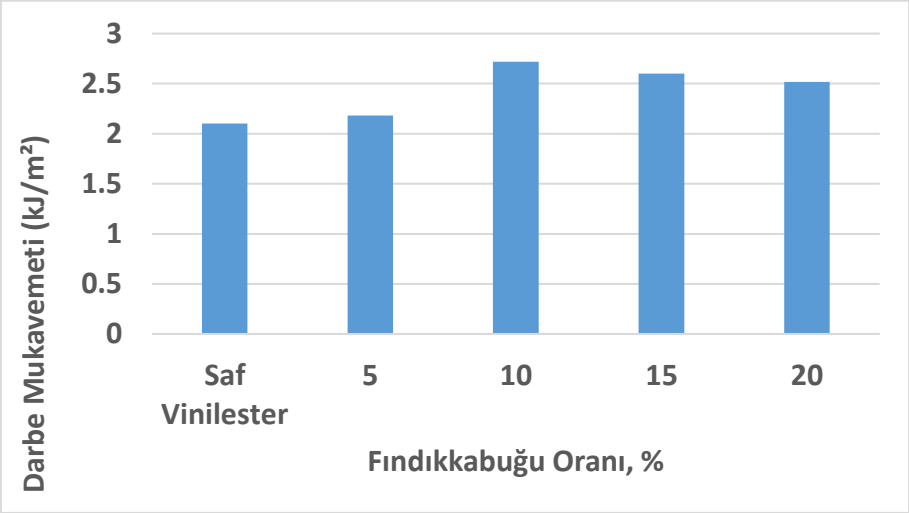
Kompozit malzemelerin sertlik testi sonuçları çizelge 3'te verilmiştir. Bu sonuçlara göre saf vinilester reçinenin sertlik değeri yaklaşık 60 Shore D'dir. Fındıkkabuğu dolgusu %5, %10 ve özellikle %15 oranlarında sertlik değerini artırmış; %15 katkıda yaklaşık 70 Shore D ile en yüksek değer elde edilmiştir. Bu artış, fındıkkabuğu dolgusu etkisiyle malzemede rijitliğini artırmasına bağlanabilir. Ancak %20 dolgu oranında sertlik düşmüştür. Bu durum, dolgunun homojen dağılmaması veya malzemenin gevrekleşmesiyle ilişkilendirilebilir. Dolayısıyla, vinilester matrisinde fındıkkabuğu kullanımı, %15 dolgu oranına kadar sertlik üzerinde olumlu etki göstermiş, daha yüksek oranlarda ise performans azalmıştır.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4



Çizelge 3. Fındıkkabuğu Oranına Göre Vinilester Kompozit Numunelerin Shore D Sertlik Değerleri

Kompozit numunelerin darbe dayanımı özellikleri çizelge 4'te verilmiştir. Saf vinilester numunesinin darbe dayanımı 2,1 kJ/m² olarak ölçülmüştür. %5 fındık kabuğu dolgusuyla bu değer hafifçe artarak 2,2 kJ/m²'ye ulaşmıştır. %10 dolgu oranında ise darbe dayanımı belirgin bir yükseliş göstererek en yüksek değer olan yaklaşık 2,7 kJ/m²'ye ulaşmıştır. Ancak, %15 ve %20 dolgu oranlarında darbe dayanımında düşüş gözlenmiştir. Bu durum, yüksek dolgu miktarının matris sürekliliğini bozarak ara yüzey zayıflıklarına, mikro boşluklara ve gerilme yığılmalarına yol açmasıyla ilişkilendirilebilir.



Çizelge 4. Fındıkkabuğu Oranına Göre Vinilester Kompozit Numunelerin Darbe Mukavemeti Değerleri

Numunelere ait çekme testi sonuçları Çizelge 5'te verilmiştir. Sonuçlara göre saf vinilester reçinesinin çekme mukavemeti 19,4 MPa'dır. Fındıkkabuğu dolgusunun %5 oranında eklenmesi mukavemeti artırmış ve yaklaşık 21,2 MPa ile en yüksek değere ulaşılmıştır. Bu durum, düşük katkı oranında dolgunun matrise sınırlı da olsa güçlendirici etki sağlamasıyla ilişkilendirilebilir. Ancak dolgu oranı %10, %15 ve %20 seviyelerine çıktığında çekme mukavemeti kademeli olarak azalmıştır. Bu düşüşün, yüksek dolgu miktarının matris

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

bütünlüğünü zayıflatması ve ara yüzeyde gerilme birikimlerine yol açmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir.

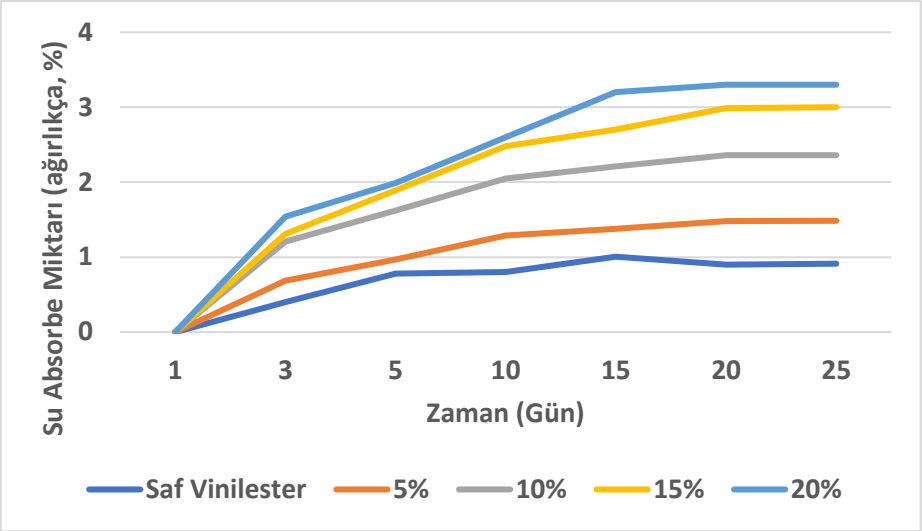
% uzama değerleri incelendiğinde ise tüm dolgu oranlarında sünekliğin azaldığı görülmektedir. Artan dolgu miktarı, kompozitin deformasyon kabiliyetini sınırlamış ve yapıyı daha rijit bir hale getirmiştir.

Dolgu Oranı (Ağırlıkça, %)	Çekme Mukavemeti, (MPa)	% Uzama
0	19,4	0,44
5	21,2	0,39
10	20,1	0,32
15	16,1	0,29
20	14,8	0,24

Çizelge 5. Fındıkkabuğu dolgu miktarının numunelerin çekme mukavemeti özelliklerine etkisi

Görsel 2'de, farklı fındıkkabuğu dolgu oranlarına sahip vinilester kompozitlerin su emme davranışları 1–25 gün aralığında karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Sonuçlar, dolgu oranı arttıkça kompozitlerin su absorpsiyonunun belirgin şekilde yükseldiğini göstermektedir. Özellikle %15 ve %20 dolgulu numunelerde su alma miktarı, tüm süre boyunca diğer numunelerden daha yüksek seyretmiş ve 25. gün sonunda sırasıyla yaklaşık %3,0 ve %3,3 seviyelerine ulaşmıştır. %10 dolgulu numunenin su emme eğrisi orta düzeyde ilerleyerek 25. gün sonunda yaklaşık %2,4 değerine ulaşırken, %5 dolgulu numune daha düşük bir artış göstererek %1,5 civarında sabitlenmiştir. Saf vinilester ise en düşük su emme değerlerine sahip olup 1–25 gün boyunca %1'in altında kalmıştır. Bu bulgular, fındıkkabuğu ilavesinin kompozitin hidrofilik karakterini artırarak su alma kapasitesini yükselttiğini ortaya koymaktadır.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

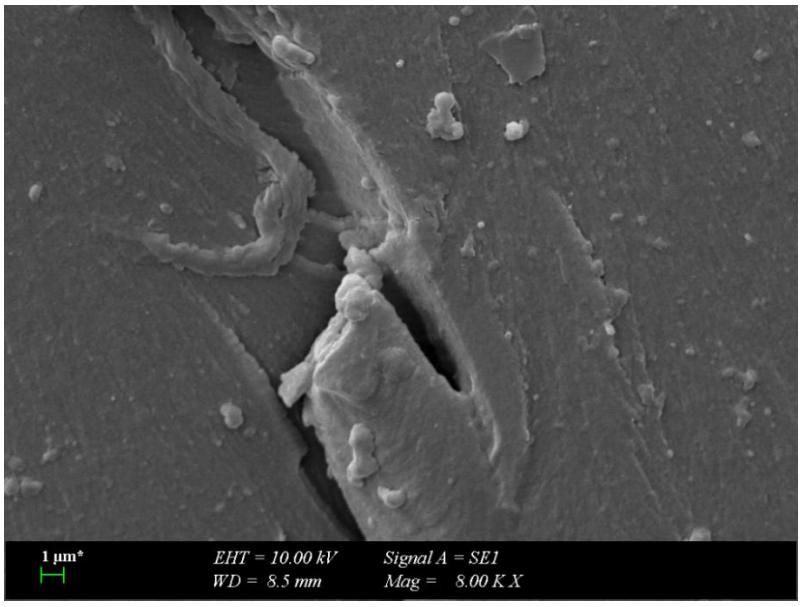


Görsel 2. Fındıkkabuğu Dolgulu Kompozit Numunelerin Su Emme Testi Sonuçları

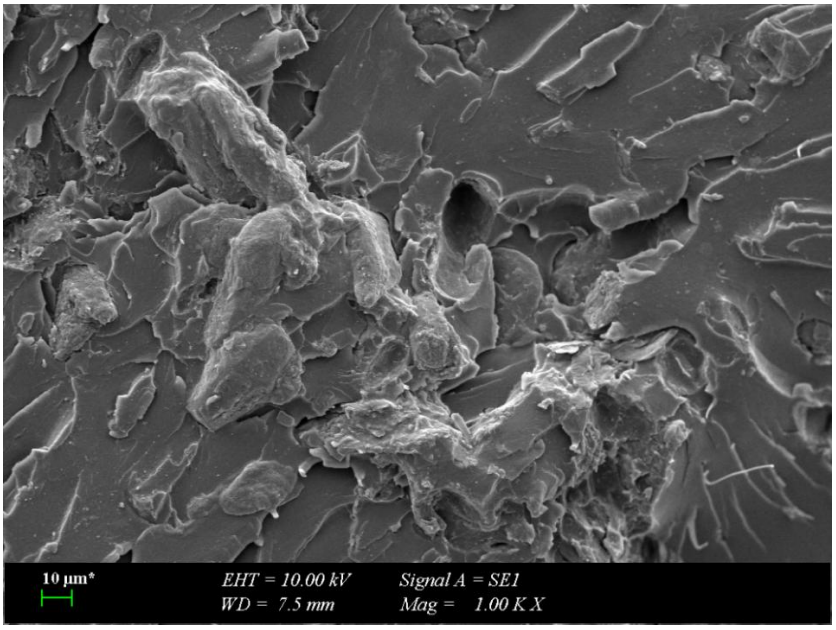
Numunelerin SEM görüntüleri Görsel 3'de verilmiştir. Görsel(a) saf vinilester reçinesinin mikroyapısını göstermektedir. Görüntüde yüzey boyunca ilerleyen çatlak ve kırılma izleri, saf reçinenin gevrek bir kırılma davranışı sergilediğini ortaya koymaktadır. Yüzeyin genellikle düz ve camsı bir yapıda olması, vinilester matrisin düşük tokluk ve sınırlı enerji absorpsiyon kapasitesine sahip olduğunu doğrular niteliktedir.

Görsel(b) %10 oranında fındıkkabuğu içeren kompozitin morfolojisini göstermektedir. Bu mikroyapıda, reçine matrisi içinde dağılmış düzensiz şekilli fındıkkabuğu partikülleri açıkça görülmektedir. Kırılma yüzeyi, saf reçinenin tipik düz ve gevrek yapısının aksine, daha pürüzlü ve karmaşık bir yüzey sergilemektedir. Bu pürüzlülük, çatlak ilerlemesinin partiküller tarafından yolunun değiştirilmesi gibi mekanizmalarla, malzemenin kırılma enerjisini daha fazla absorbe etme eğiliminde olduğunu gösterir. Ancak, birçok partikülün etrafında küçük boşlukların gözlemlenmesi, fındıkkabuğu ile vinilester reçine arasında zayıf ara yüzey olduğuna işaret etmektedir. Bu zayıf ara yüzey, kompozitin mekanik dayanımını beklenen seviyede artırmasını engelleyebilecek potansiyel gerilme yoğunlaşması bölgeleri oluşturabilmektedir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4



(a) Saf vinilester



(b) % 10 fındıkkabuğu dolgulu kompozit numune görüntüsü

Görsel 3. Numunelerin SEM görüntüleri

Numunelerin fiziki görüntüleri görsel 3'te verilmiştir. Görselden de anlaşılacağı üzere saf vinilester renksiz olup fındıkkabuğu tozu oranına göre rengi koyulaşmıştır. Fındıkkabuğunun kendi karakteristik rengi kompozit numuneye sirayet etmiştir. Dolayısı ile bu dolgu renk verici özelliği de olduğu görülmüştür.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Görsel 4. Numunelerin Fiziki Görüntüsü

4. Tartışma

Bu çalışma kapsamında, fındıkkabuğu atığının vinilester esaslı kompozit sistemlerde dolgu malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Elde edilen bulgular, fındıkkabuğunun yüksek oranda selüloz, lignin içeriği sayesinde, vinilester reçine ile uyumlu bir dolgu karakteri sergilediğini göstermektedir.

Saf Vinilester numuneye kıyasla; Çekme mukavemetinde %5 dolgu oranında yaklaşık %9,3 artış, Darbe mukavemetinde %10 dolgu oranında yaklaşık %28,6 artış, Sertlik değerinde %15 dolgu oranında yaklaşık %16,7 artış tespit edilmiştir.

Kullanılan dolgu malzememiz selüloz esaslı olduğu için dolgu oranının artmasıyla su absorbe etme miktarında artış gözlemlenmiştir. Aynı zamanda fındıkkabuğu doğal bir renklendirici olarak da kullanılabileceği ortaya çıkmıştır.

Sonuç olarak, elde edilen veriler, uygun dolgu oranı seçimiyle fındıkkabuğunun vinilester esaslı kompozit sistemlerde mekanik özellikleri geliştiren, çevre dostu, ekonomik ve sürdürülebilir bir dolgu malzemesi olarak kullanılabileceğini ortaya koymaktadır.

Kaynakça

[1] Vasiliev, V.V., Komarova, L.F. ve Razin, A.F., *Mechanics of Composite Materials*, John Wiley & Sons, New York/USA, 2013.

[2] Thakur, V.K., Thakur, M.K. ve Gupta, R.K., "Renewable Commodity Polymers and Polymer Nanocomposites: Fundamentals and Applications", *Journal of Polymers and the Environment*, 22, 1–17, 2014.

[3] Paul, D.R. ve Bucknall, C.B., "Polymer Blends: Formulation and Performance", *Advanced Materials*, 15(3), 11–19, 2003.

[4] https://ticaret.gov.tr/data/5b8700a513b8761450e18d81/F%C4%B1nd%C4%B1k%20ve%20Mamulleri.pdf
(Erişim tarihi: 20/11/2025)

[5] Gürses, S. ve Yılmaz, C., "Valorization of Hazelnut Shell Waste: Biofuel Production and Cosmetic Applications of Oil Extracts", *Journal of Cleaner Production*, 230, 1152–1161, 2019..

[6] Derviş, T. ve Ertürk, B., "Lignocellulosic Content Analysis and Potential of Hazelnut Shell as a Natural Filler in Thermoplastic Composites", *Polymer Composites*, 41(8), 3400–3410, 2020.

[7] https://arastirma.tarimorman.gov.tr/findik/Belgeler/Sol%20Men%C3%BC/Bilgi%20Bankas%C4%B1/F%C4%B1nd%C4%B1k/F%C4%B1nd%C4%B1k%20%C3%9Cr%C3%BCn%20Raporu%202022%20.pdf
(Erişim tarihi: 20.11.2025)

[8] https://tim.org.tr/files/downloads/Urun_Atlasi/UrunAtlasiFindik_202410.pdf
(Erişim tarihi: 20.11.2025)

[9] Blankenship, M., Eirich, F. ve Stannett, V., "Vinyl Ester Resins: A Review of Chemistry, Properties, and Applications", *Journal of Applied Polymer Science*, 38(11), 2245–2260, 1989.

[10] Astrom, B.T., *Manufacturing of Polymer Composites*, Chapman & Hall, London/UK, 1997.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ZEMİN ARAŞTIRMALARINDA LABORATUVAR DENEYLERİ İLE JEOFİZİK BULGULARIN BÜTÜNLEŞİK DEĞERLENDİRİLMESİ: BORNOVA/İZMİR ÖRNEĞİ

Melis KILIÇOĞLU

Dokuz Eylül Üniversitesi, silemece36@gmail.com-0009-0006-8832-0181

Doç. Dr. Emre TİMUR

Dokuz Eylül Üniversitesi, emre.timur@deu.edu.tr- 0000-0003-2084-7164

ÖZET

Deprem ülkemiz için her zaman önemli bir doğal afet olmuştur. Özellikle aktif tektonik bir bölge olan İzmir ili depremlerden tarih boyunca kötü etkilenmiştir. Bu durumu olabildiğince önlemek ve depremin etkilerini en aza indirebilmek için başta jeofizik, jeoloji ve inşaat mühendisliği olmak üzere birçok farklı bilim dalı konu üzerine çalışmalar yürütmektedir. Bu çalışmada amaç, sahada yerinde uygulama yapılan jeofizik yöntemler ile sahadan alınan numunelere laboratuvar ortamında uygulama yapılan deneylerin sonuçlarını bütünleşik değerlendirmektir. Bu kapsamda İzmir ili Bornova ilçesinde üç ayrı konumda (Mevlana, Erzene, Osmangazi) çeşitli derinliklerde temel kazısı çalışmaları yapılmış ve Shelby Tüp'ü (UD) ile numuneler alınmıştır. Mevlana numunesi 5,50-6,00 m'den, Erzene numunesi 3,00-3,45 m'den, Osmangazi numunesi 4,00-4,45 m'den alınmıştır. Alınan bu numunelere zemin-kaya laboratuvarında; su içeriği, kıvam limitleri, elek analizi, dane boyu dağılımı, bağıl yoğunluk gibi fiziksel (indeks) deneylerin yanı sıra, konsolidasyon, doyurma, bender eleman ve rezonant kolon deneyi gibi mühendislik parametrelerini elde etmeye yarayan mühendislik deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bender eleman deneyi 50, 100, 200 kPa olmak üzere üç farklı basınçta gerçekleştirilmiştir. Mevlana numunesinin fiziksel deneyler sonucu zemin sınıfı TS-EN-ISO 14688-2 standartına göre CIL ASTM D2487 standartına göre CL elde edilmiştir. Erzene numunesi TS-EN-ISO 14688-2 standartına göre cIsiSa ASTM D2487 standartına göre SC-SM elde edilmiştir. Osmangazi numunesi TS-EN-ISO 14688-2 standartına göre cISa ASTM D2487 standartına göre SM elde edilmiştir. Mevlana numunesinin bender eleman deneyi sonucunda sismik S dalga hızı 213 m/s, Erzene numunesinin 259 m/s, Osmangazi numunesinin ise 224 m/s olarak bulunmuştur. Mevlana numunesinin rezonant kolon deneyi sonucunda kayma modülü (Gmax) 99,6 MPa, Erzene numunesinin 147 MPa, Osmangazi

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

numunesinin ise 110,5 MPa olarak elde edilmiştir. Bu üç farklı numunelerin alındığı nokta orta atış noktası seçilerek 3 adet sismik kırılma, 3 adet sismik MASW ve 3 adet mikrotremör ölçümü alınmıştır. Mevlana numunesi için alınan numune metrajına denk gelen sismik MASW ölçümü S hızı 233 m/s, Erzene bölgesi için 251 m/s, Osmangazi bölgesi için 234 m/s bulunmuştur. Sismik MASW'den elde edilen kayma modülleri ise, Mevlana için 96 MPa, Erzene için 173 MPa ve Osmangazi için 136 MPa elde edilmiştir. Mikrotremör çalışmaları sonucunda zemin hakim titreşim periyodu Mevlana için 0,15 sn, Erzene için 0,16 sn, Osmangazi için 0,32 sn elde edilmiştir. Jeofizik çalışmalar sonucunda sismik hızlara göre zemin sınıfı üç ayrı çalışma alanı için de ZD elde edilmiştir. Bu zemin sınıfının birimi; orta sıkı kum-çakıl olarak nitelendirilmektedir. Elde edilen sismik hız ve kayma modülleri incelendiğinde sahada yapılan jeofizik yöntemler ile yine sahadan alınan numunelere laboratuvar ortamında uygulanan deney sonuçlarının uyumlu olduğu gözlenmiştir. İncelenen 3 çalışma alanının da depremsellik ve yerel zemin özellikleri açısından riskli bölgeler olması nedeniyle zemin etütlerinin multi-disiplinel yapılması gerekmektedir. Jeofizik ölçümler hızlı, ekonomik ve güvenilir sonuçlar sunabilmesi nedeniyle zemin araştırmalarında büyük avantaj sağlamaktadır.

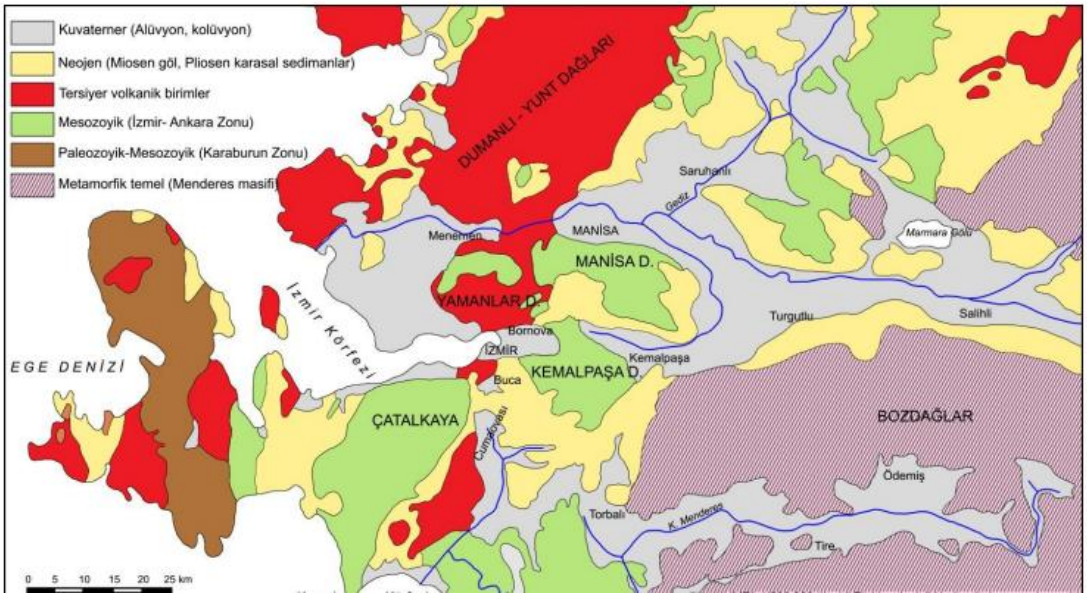
Anahtar Kelimeler : Bender eleman deneyi, MASW, mikrotremör, sismik kırılma, rezonant kolon deneyi

1. GİRİŞ

Çalışma alanının adı Bornova olup, Türkiye'nin İzmir İli'nin kuzey doğusunu kapsamaktadır. Çalışma alanı Bornova ilçesinde üç farklı lokasyondan oluşmaktadır. Laboratuvar deneyleri için numune alınan ve jeofizik ölçümleri yapılan lokasyonlar aynı olup sırasıyla bir adedi Erzene Mahallesi'nde, bir adedi Osmangazi Mahallesi'nde ve bir adedi Mevlana Mahallesi'ndedir. Çalışma alanının seçimi yapılırken farklı jeolojik formasyonları kesmesine ve sosyal yaşamın yoğun olduğu bölgelere denk gelmesine dikkat edilmiştir.

Batı Anadolu'da ve İzmir çevresinde etkin tektonik kuşaklar Menderes masifi, İzmir-Ankara zonu ve Karaburun zonu'dur (Şekil 2.1) . Bölgenin en doğusunda Menderes masifi yer almaktadır. İkincil olarak en yaygın İzmir-Ankara zonu olmak üzere, çeşitli volkanik birimler, kuvaterner yaşlı alüvyon birimler ve neojen yaşlı göl ve sediman çökeller takip etmektedir. Bölgenin en batısında ise paleozoyik-mesozoyik yaşlı Karaburun zonu yer almaktadır. Çalışma alanı çoğunlukla İzmir-Ankara zonu, kuvaterner yaşlı alüvyon ve neojen yaşlı göl- karasal sedimanlar üzerinde yer almaktadır (Görsel 1).

ISBN NR: 978-625-5694-58-4



Görsel 1. İzmir ve çevresi ana yapısal birimleri (Karadaş, 2014).

İzmir ili Türkiye'de birinci derecede tehlikeli deprem bölgesi sayılan 31 ilden biridir. Aletsel ve tarihsel döneme bakıldığından birden çok yıkıcı depreme ev sahipliği yaptığı bilinmektedir. Son 20 yılda İzmir ilinde ve İzmir ilini doğrudan etkileyebilecek Ege Denizi'nde büyüklüğü (Mw) 4-5 arasında değişen 152 adet deprem meydana gelmiştir. Büyüklüğü (Mw) 5-6 arasında değişen 14 adet deprem meydana gelmiştir. Büyüklüğü 6 Mw ve üstü olan ise 2 adet deprem meydana gelmiştir. İzmir ve çevresi çok fazla ve yıkıcı depremlere sebebiyet verecek aktif faylara sahiptir. 50-60 km yarıçapında deprem üretebilecek faylar; Manisa Fayı, İzmir Fayı, Seferihisar Fayı, Tuzla Fayı ve Gülbahçe-Karaburun Fayı'dır (Emre vd., 2005).

2. Laboratuvar Çalışmaları

Çalışma kapsamında; zemin temel kazısı sırasında fiziksel (indeks) deneyler için poşet numunesi, mühendislik deneyleri için Shelby (UD) Tüp'ü ile numune alımı sağlanmıştır. Derinliği 3 ile 6 m arasında değişen bu numunelerin deneylerinin tamamı laboratuvar ortamında Türk Standartları Enstitüsü onaylı olacak şekilde gerçekleştirilmiş ve raporlanmıştır. Fiziksel deneyler kapsamında; zeminde su içeriği, kıvam limitleri (likit limit, plastik limit), dane çapı dağılımı (elek analizi) deneyi, dane büyüklüğü belirlenmesi (hidrometre) deneyi, dane yoğunluğu belirlenmesi (bağıl yoğunluk) deneyi gerçekleştirilmiştir. Bu deneyler sonucunda zeminin alınan metrajına ait zemin sınıflaması yapılmaktadır. Üç ayrı numuneye bu deneyler gerçekleştirildikten sonra zemin fiziksel özellikleri ve zemin sınıflaması yapılmıştır (Çizelge 1.).

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Çizelge 1. Zemin numunelerine ait fiziksel deney sonuçları ve zemin sınıflandırmaları.

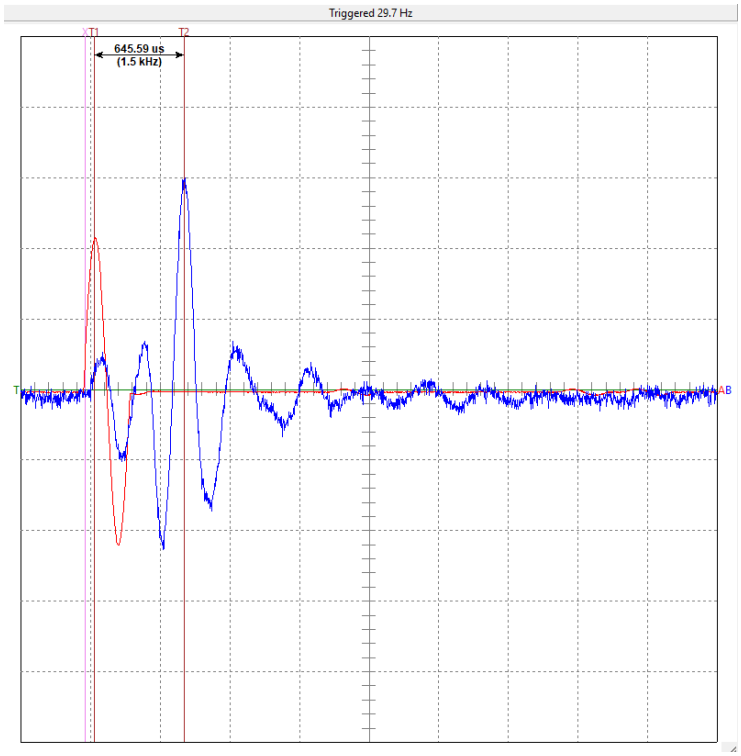
Nokta Adı	Nokta Derinliği	Su İçeriği (%)	Kıvam Limitleri (%)			Elek Analizi (%)			Hidrometre (%)		Bağıl Yoğunluk	Zemin Sınıfı	
		Wn	LL	PL	PI	Çakıl	Kum	Kil+Silt	Kil	Silt	Gs	TS EN ISO	ASTM
Bor-Erzene	2,90-3,50	15,2	25	18	7	5	55	40	22	18	2,63	clsiSa	SC-SM
Bor-Mevlana	5,50-6,00	20,1	28	20	8	11	26	63	35	28	2,72	CIL	CL
Bor-Osmangazi	4,00-4,50	11,6	29	21	8	34	47	19	12	7	2,63	clSa	SM

Fiziksel deneyler tamamlandıktan sonra Shelby Tüp ile alınan tüp numunelerine sismik hız (Vs) belirlemek için Bender eleman deneyi, kayma modülü (Gmax) belirlemek için ise Rezonant kolon deneyi uygulanmıştır. Bender eleman deneyi kapsamında 50, 100, 200 kPa olmak koşulu ile 3 farklı basınçta deney gerçekleştirilmiş ve çıkan sonuçlara göre en sağlıklı sonucun 200 kPa'da alındığına karar verilmiştir. Rezonant kolon deneyi ise bu basınçta gerçekleştirilmiştir. Bender eleman deneyinde sırasıyla doyurma, konsolidasyon, sismik hız ölçümü alma, kesme ve kesme sonrası sismik hız ölçümü alma adımları uygulanmıştır. Bender eleman deneyi esnasında numune öncelikle membran denilen sıvı geçirmez bir kılıf ile sarılır, alıcı ve iletici başlıklara aynı yöne ve doğrultuya bakacak şekilde yerleştirilir. Deney hücresi numuneye geçirildikten sonra etrafı su ile doldurulur (Görsel 2.) ve uygun basınç sağlandığı an deneye başlanır.

Görsel 2. Bender eleman deney düzeneği kurulumu.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Doyurma ve konsolidasyon işlemlerinin ardından osiloskoptan çıkan alıcı ve verici kablolar numuneye bağlanır ve sismik hız ölçümü alınır (Görsel 3.) ve bu işlem kesme sonrasında da tekrarlanır. Sismik hız ölçümü alınırken kırmızı cihazın numuneye verdiği sinyal iken, mavi numunenin verdiği tepki sinyalini göstermektedir. İki sinyal arasındaki başlangıç zamanı veya en yüksek genlikli noktanın varış süresi farkı alındığında gerekli bağıntılar ile sismik hız elde edilir.



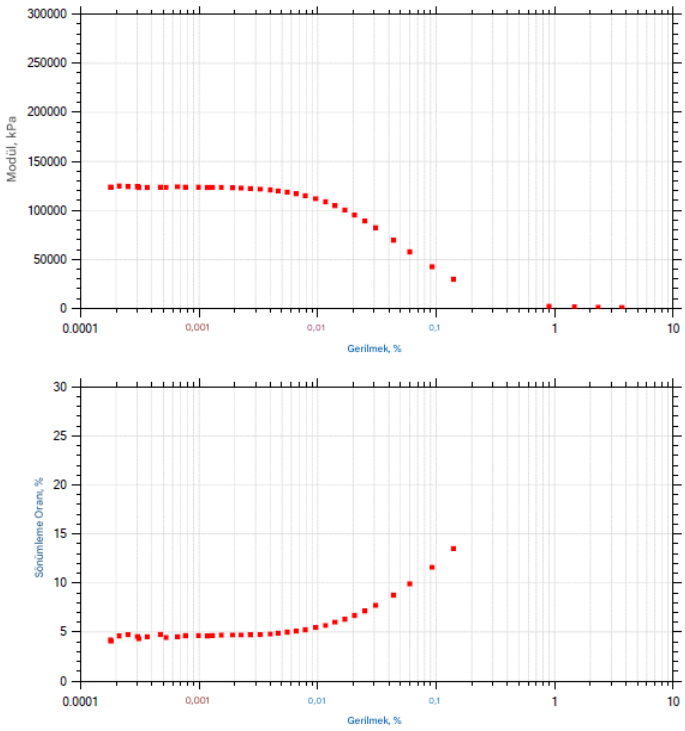
Görsel 3. Bender eleman deneyi sırasında sinyal varış zamanı seçimi.

Bender eleman deneyinden sonra her numuneye rezonant kolon deneyi uygulanmıştır. Rezonant kolon deneyi; doyurma ve konsolidasyon adımlarını takip etmesi açısından bender eleman deneyi ile benzerlik göstermesinin yanı sıra daha sonrasında burkusal kesme adımını gerçekleştirmesiyle farklılık sunmaktadır. Rezonant kolon deneyini başlatmadan önce de numune geçirimsiz kılıf ile sarılır ve başlıklara oturtulur. Daha sonra dış kafes indirilir ve numunenin üst hizasına gelene kadar su ile doldurulur. Bender elemandan farklı olarak kalan boşluğa kompresör yardımı ile basınç sağlanır (Görsel 5.). Gerekli basınçlar sağlandıktan sonra deney başlatılır. Numune tüm adımlarda burgusal kesme işlemine maruz bırakılırsa elastik, elasto-plastik ve plastik davranış gösterir. Deneyin amacı; plastik davranış göstermeye başladığı noktayı bulmaktır. Buradan kayma modülü (Gmax) ve sönüm oranı (%) elde edilir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Görsel 5. Rezonant kolon deney düzeneği kurulumu.

Deney tamamlandıktan sonra; doyurma, konsolidasyon, rezonant ve burgusal kesme grafikleri elde edilir. Çalışma kapsamında kayma modülü ve sönüm oranları incelenmiştir. Elde edilen kayma modülü/ gerilme grafiklerinde (Görsel 6.) kayma modülünün en yüksek değeri ve buna karşılık gelen sönüm oranı baz alınmıştır.



Görsel 6. Rezonant kolon deneyi sonunda elde edilen kayma modülü/ gerilme grafiği.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

3. Jeofizik Çalışmalar

Laboratuvar deneyleri ile bir değerlendirme yapabilmek adına sahada numunelerin alındığı yer baz alınarak sismik kırılma (Vp), sismik MASW ve mikrotremör ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Sismik ölçümler sırasında numunelerin alındıkları yer orta nokta, mikrotremör ölçümleri esnasında ise ölçü noktası olarak belirlenmiştir. Çalışma kapsamında amaç; sismik yöntemler ile sismik hızı elde etmek ve Bender eleman deneyi ile bütünleşik değerlendirmek, mikrotremör yöntemi ile zemin hakim titreşim periyodu ve baskın frekansı elde edip, rezonant kolon deneyinde elde edilen sönüm oranı ve kayma modülü ile ilişkisini görmektir.

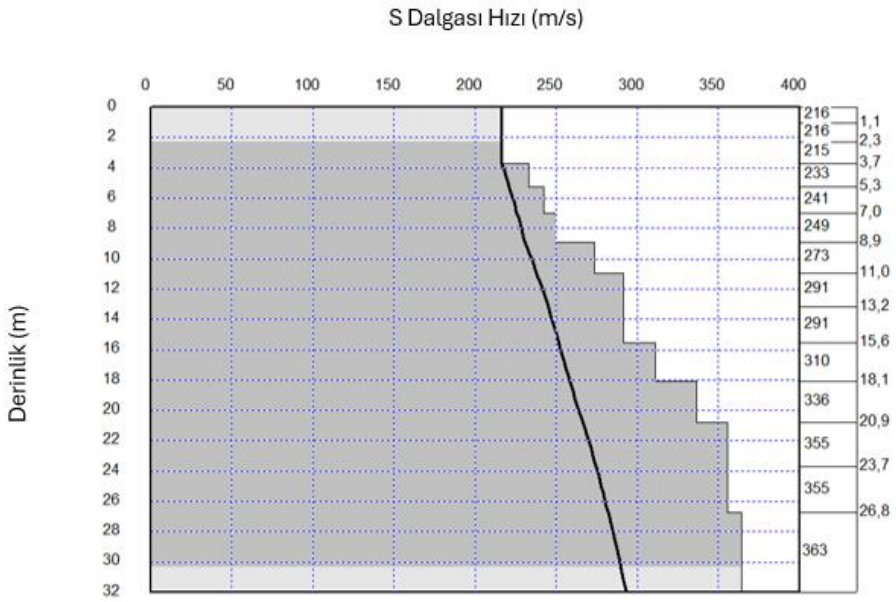
Çalışma kapsamında yapay kaynaklı karada çok kanallı sismik kırılma yöntemi uygulanmıştır. Geometrics marka cihaz kullanılmış olup; alıcı aralığı 2 m seçilmiş ve 24 kanallı çalışılmıştır. Sismik yöntemlerde ekipman olarak; balyoz, metal plaka, alıcı kablo, jeofonlar (alıcılar), kayıtçı ve bilgisayar kullanılır. Dizilim yapıldıktan sonra serimin başından, ortasından ve sonunda balyoz ile vuruşlar yapılıp, alıcı jeofonlarda algılanan sismik sinyaller ölçülür (Görsel 7.).

Görsel 7. Sismik kırılma yöntemi uygulanışı.

Veri toplarken en önemli amaç; gürültü oranını azaltmak Sinyal/Gürültü oranını arttırmaktır. Bu anlamda trafik gibi dış etkenli gürültülerden uzak durmak faydalıdır. Veri toplama adımından sonra; veri işlem adımı tüm verilere uygulanır. Bu adımda; olası gürültüleri sönümlemek ve sinyali ortaya çıkarmak hedeflenir. Veriye sırasıyla geometri tanımlama, bant

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

geçişli süzgeç, F-K filtresi, konvolüsyon ve dekonvolüsyon işlemleri uygulanır. Elde edilen 2 boyutlu (2D) kesitler incelenip hız grafikleri elde edilir (Görsel 8.). Serim boyu, kaynak gücü, zemin yapısı gibi birçok parametreye bağlı olarak inilen etki derinliği değişmektedir.



Görsel 8. Derinliğe bağlı sismik S dalga hızı grafiği.

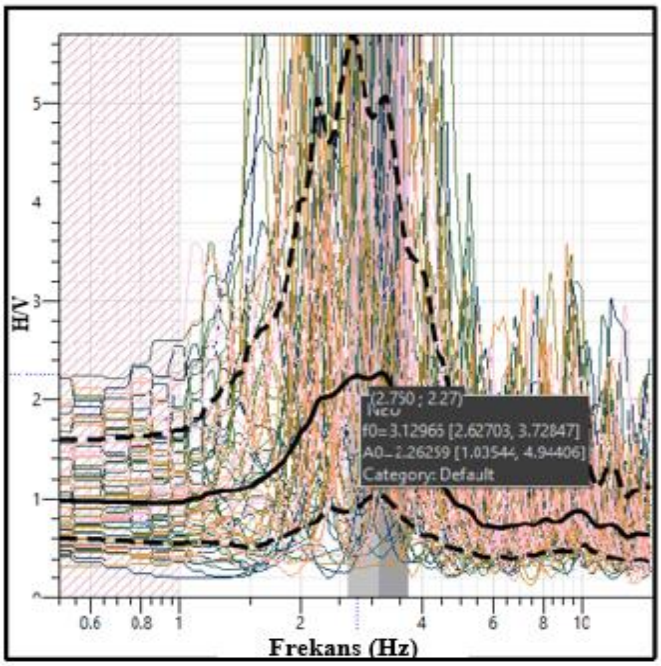
Mikrotremör verileri, yüzey dalgalarının baskın olduğu sismik gürültü sinyalleridir ve uygun analiz teknikleriyle zeminin hâkim frekansı, büyütme katsayısı ve bazı durumlarda zemin tabaka kalınlığı gibi parametrelerin elde edilmesini sağlar (Nakamura, 1989; SESAME, 2004). Mikrotremör yönteminde ise Güralp marka cihaz kullanılmış ve her noktada en az 30 dakikalık ölçüler alınmıştır (Görsel 9.). Ölçüler esnasında doğal kaynaklı bir yöntem olmasından kaynaklı gürültü oranlarına oldukça dikkat edilmiştir.

Görsel 9. Mikrotremör ölçü düzeneği.

Elde edilen veriler veri işlem programlarında incelenmiştir. Öncelikle zaman düzeltmesi yapılıp tüm veriler aynı başlangıç noktasına çekilmiştir. Daha sonra bant geçişli süzgeç ile veriden

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

atılmak istenen çok düşük ve çok yüksek frekanslı gürültüler sinyalden uzaklaştırılmıştır. Bu adımlardan sonra pencereleme işlemi uygulanmış ve en gürültüsüz yerler seçilip frekansa bağlı yatay/düşey spektral oran (H/V) grafiği elde edilmiştir (Görsel 10.).



Görsel 10. Mikrotremör yöntemi sonucu elde edilen frekansa bağlı H/V grafiği.

4. Sonuçlar

Laboratuvar deneyleri kapsamında gerçekleştirilen bender eleman deneylerinde üç ayrı numuneye ait sismik hızlar birbirine oldukça yakın elde edilmiştir. Aynı jeolojik birimde ve yakın yeraltı su seviyesinde oldukları göz önünde bulundurulursa bu oldukça doğaldır. Aynı numuneye uygulanan bender eleman deneylerinde basınç arttıkça elde edilen sismik hızların arttığı gözlemlenmiştir. Bu noktada resonant kolon deney sonuçları ile en uyumlu çıkan bender eleman deney sonuçları seçilmiştir. Rezonant kolon deneyinde ise; kayma modülü arttıkça sönüm oranını düştüğü ve aralarında ters ilişki olduğu gözlemlenmiştir. Bender eleman deneyinde sismik hızı yüksek olanların ise resonant kolon deneyinde kayma modüllerinin yüksek olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 2.). Gözlemlenen tüm sonuçlara bakıldığında; numunenin fiziksel özellikleri, alındıkları derinlik ve yeraltı su seviyeleri değerlerdeki değişikliğe sebebiyet verdiği sonucuna ulaşmak mümkündür.

Çizelge 2. Laboratuvarda elde edilen mühendislik deney sonuçları.

KUYU ADLARI	KUYU DERİNLİĞİ	Uygulanan Basınçlar	Bender Elemant Deneyi	Rezonant Kolon Deneyi

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

		(kPa)	Vs Değeri (m/s)	Gmax Değeri (MPa)	Gmax Değeri (kPa)	Sönüm Oranı (%)
BOR-ERZENE	2,90-3,50	50	208	95,5	125000	4,08
		100	242	128,2		
		200	259	147		
BOR-MEVLANA	5,50-6,00	50	146	46,7	144000	1,68
		100	174	66,8		
		200	213	99,6		
BOR-OSMANGAZİ	4,00-4,50	50	134	39,7	110000	4,74
		100	171	64,2		
		200	224	110,5		

Sismik yöntemler ile elde edilen sismik hızlar ve kayma modülleri değerlendirilecek olursa; üç numuneye ait sismik hızlar oldukça yakın elde edilmiştir. Noktalar arasında sismik hızın arttığı yerlerde kayma modülü değerleri artmıştır. Mikrotremör yöntemi ile elde edilen Zemin hakim titreşim periyodları incelendiğinde ise elde edilen sismik hızlarla uyumlu olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 3.)

Çizelge 3. Saha çalışmaları ile elde edilen sonuçlar.

NOKTA ADLARI	Sismik MASW Ölçümü		Mikrotremör Ölçümü
	Sismik Hız (Vs)	*Kayma Modülü (kg/cm2)*	*Zemin Hakim Titreşim Periyodu (sn)*
BOR-ERZENE	251	1762,277	6,74
BOR-MEVLANA	233	982,172	6,5
BOR-OSMANGAZİ	234	1386,111	3,13

5. Değerlendirmeler

Laboratuvar deneyleri ve saha çalışmaları bütünleşik değerlendirildiğinde, elde edilen sonuçların birbiri ile uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Laboratuvarda elde edilen sismik hızlar ile sahada yapılan ölçümler ile elde edilen sismik hızlar birbirine oldukça yakındır. Laboratuvar deneylerinden elde edilen kayma modülleri ve sahada yapılan çalışmalar ile elde edilen kayma modülleri de birbirine oldukça yakındır. Laboratuvarda yapılan deneyler ile elde edilen sönüm oranları ve diğer tüm parametreler değerlendirildiğinde; sahada elde edilen sismik hızlar, kayma modülleri, zemin hakim titreşim periyotları birbirini sağlar niteliktedir.

Bu bağlamda çalışma alanı gibi depremsellik ve zemin yapısı açısından riskli görülen bölgelerde multi-disiplinel çalışmalara ihtiyaç vardır. Sahada yerinde inceleme ve mühendislik

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

uygulamalarının yapılmasının ve laboratuvar gibi kontrollü koşullarda deneyler gerçekleştirmenin doğru sonuca gitmede ne kadar büyük katkısının olduğu gözlemlenmiştir. En doğru veriye; en düşük maaliyet ve en hızlı çözümü sunabilmesi açısından jeofizik ölçümler büyük avantaj sağlamaktadır.

KAYNAKÇA

Emre, T., Sözbilir, H., 1997. Field evidence for metamorphic core complex, detachment faulting and accommodation faults in the Gediz and Büyük Menderes grabens, western Anatolia. In: Ö. Pişkin, M. Ergün, M.Y. Savaşcın, G. Tarcan, (eds.). Proceedings of International Earth Sciences Colloquium on the Aegean Region, vol. 2, 73-93.

Karadaş, 2014. Bornova Ovası (İzmir) Holosen Paleocoğrafyası ve Kıyı Çizgisi Değişmeleri. Ege Coğrafya Dergisi, Şubat,23,2, 37-52.

Nakamura, Y., 1989, A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. Quarterly Report of RTRI (Railway Technical Research Institute), 30(1), 25–33.

SESAME Project, 2004. *G*uidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations: Measurements, processing and interpretation (WP12–Deliverable D23.12). European Research Project.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ÜRİNER KONTİNANSI OLMAYAN ÇOCUKLARDA İDRAR ÖRNEĞİ TOPLAMA

Uzm. Hemş. Aylin ERTUĞRUL
Erenköy Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi, İstanbul
ertaylin@gmail.com- ORCID ID: 0009-0000-5831-1731

Prof. Dr. Aynur AYTEKİN ÖZDEMİR
İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, İstanbul,
aynuraytekin25@hotmail.com- ORCID ID: 0000-0002-4738-0747

ÖZET

Üriner sistem enfeksiyonları, çocuklarda yaygın görülen enfeksiyonlardandır. Bu enfeksiyonlar, hem normal idrar yollarına sahip çocuklarda hem de idrar yolları ile ilgili anomalisi olan çocuklarda görülebilmektedir. Üriner sistem enfeksiyonlarının akut dönem belirti ve bulgularının çocuklarda oluşturduğu sorunların yanı sıra uzun vadeli sonuçları da çocuklar için önemli risk oluşturmaktadır. Bu nedenle çocuklarda üriner sistem enfeksiyonlarının önlenmesi büyük öneme sahiptir. Bu amaçla çocuklarda üriner sistem enfeksiyonlarının kapsamlı bir şekilde tanısal değerlendirmesinin yapılması, tedavi planının oluşturulması ve hastaların izlenmesi gerekmektedir. Tanılamada hastanın tıbbi hikayesinin alınması, belirti ve bulguları, fizik muayene, idrar analizleri ve radyolojik incelemeler yer alır.

Üriner sistem enfeksiyonlarını tanılamada, idrar analizlerinin rolü oldukça önemlidir. Laboratuvar ortamında çocukların idrar örneğinin analiz edilebilmesi için çocuk hastadan idrar örneğinin alınması gerekmektedir. Tuvalet eğitimi olan üriner kontrol kazanmış çocuklarda idrar örneği toplama ile ilgili bir güçlük söz konusu değildir. Ancak tuvalet eğitimi olmayan üriner kontrol kazanmamış yaş grubu olarak ifade edilebilen yenidoğanlar ve bebekler idrar örneği toplama ile ilgili sınırlılıkları olan bir hasta grubudur. Avrupa Üroloji Derneği Pediatrik Üroloji Rehberi-2021 (EAU/ESPU)'nde tuvalet eğitimi olmayan yenidoğanlar ve bebeklerden idrar örneği toplamak amacıyla transüretral mesane kateterizasyonu, suprapubik mesane aspirasyonu, idrar toplama torbası yapıştırma yöntemi ve temiz idrar toplama tekniği olmak üzere dört yöntem tanımlanmıştır. Çocuklarda üriner sistem enfeksiyonlarının tanılanması için çocuğun yaşı, iş birliği düzeyi, kontinans durumu ve mevcut klinik durumuna göre idrar örneği toplama yönteminin belirlenmesinde hekim ve hemşirelere yol gösterici olması açısından bu çalışmada, üriner kontinans kazanmamış çocuklarda idrar örneği toplama teknikleri ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler : Çocuk, idrar örneği, tanılama, üriner sistem enfeksiyonları.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

1. GİRİŞ

Üriner sistem enfeksiyonları (ÜSE), böbrek korteksinden meatusa kadar üriner sistem boyunca herhangi bir bölümde patojen mikroorganizmaların kolonizasyonudur (Ekti Genç & Şenol, 2018). Üriner sistem enfeksiyonları, çocuklarda sık görülen bakteriyel enfeksiyonlardandır. İnsidansı yaşa ve cinsiyete göre değişkenlik göstermektedir. Erkek çocuklarda insidans yaşamın ilk 6 ayında en yüksekken (%5.3), yaşla birlikte azalarak 1-6 yaş arasında yaklaşık %2' ye kadar düşmektedir. Kızlarda ise ÜSE yaşamın ilk 6 ayında daha az yaygındır (%2) ve yaşla birlikte artarak 1-6 yaş arasında yaklaşık %11'e çıkmaktadır ('t Hoen et al., 2021). ÜSE, çocukların sağlık durumu üzerinde önemli etkilere yol açabilir ve tedavi edilmediği takdirde böbrek hasarına, böbrek yetmezliğine ve hatta ilerleyen yaşlarda nörolojik gelişim sorunlarına yol açabilir. Bu enfeksiyon, genellikle idrar yolunun herhangi bir bölümünü etkileyebilir ve klinik şiddeti, enfeksiyonun bulunduğu bölgeye (mesane, böbrek, üreterler) bağlı olarak değişiklik gösterebilir (Shaikh et al., 2016).

Bebeklerde ÜSE semptomları ateş, kusma, karın ağrısı, sinirlilik, sarılık, büyüme geriliği gibi nonspesifiktir ve bu semptomlar nedeniyle sıklıkla acil servise başvururlar ('t Hoen et al., 2021). Çocukluk döneminde ÜSE'nin erken tanısı ve tedavisi, sadece sağlıklı büyüme ve gelişme için değil, aynı zamanda uzun vadeli böbrek sağlığı için de büyük önem taşımaktadır (Shaikh et al., 2016). Üriner sistem enfeksiyonu tanısını doğrulamak ya da dışlamak için idrar örneğine ihtiyaç vardır ('t Hoen et al., 2021; Korkmaz et al., 2024). Üriner kontinans gelişmiş ve tuvalet eğitimi almış çocuklarda idrar örneği toplama konusunda ciddi bir güçlük bildirilmezken; üriner kontinans gelişmemiş, tuvalet eğitimi olmayan yenidoğan ve bebeklerde idrar örneği toplama hem hasta için hem de ailesi ve sağlık profesyonelleri için oldukça zorlayıcı bir işlemdir (Demonchy et al., 2019). Üriner sistem enfeksiyonlarının tanısında doğru ve kontaminasyonsuz idrar örneği elde edilmesi, tanı güvenilirliği açısından büyük önem taşır. İdrar toplama yöntemi, çocuğun yaşı, iş birliği düzeyi, kontinansı ve mevcut klinik durumuna göre belirlenmelidir. Yanlış teknikle alınan örneklerde kontaminasyon riski artar ve bu da yanlış tanıya, gereksiz antibiyotik kullanımına ve olası komplikasyonlara neden olabilir (Roberts, 2011).

2. ÜRİNER KONTİNANSI OLMAYAN ÇOCUKLARDA İDRAR ÖRNEĞİ TOPLAMA YÖNTEMLERİ

Avrupa Üroloji Derneği Pediatrik Üroloji Rehberi (EAU/ESPU) (2021)'nde tuvalet eğitimi olmayan yenidoğanlar ve bebeklerden idrar örneği toplamak için dört yöntem tanımlanmıştır ('t Hoen et al., 2021).

2.1. Suprapubik Mesane Aspirasyonu

İnvaziv yöntemlerden biri olan mesaneden suprapubik aspirasyonla idrar örneği alınması, kontamine olmayan idrar örneği elde etmek ve bakteriüri tespiti için en güvenilir yöntemdir. Kontaminasyon oranı yaklaşık %1'dir. Suprapubik mesane aspirasyonu, perineden invaziv olarak giriş yoluyla kontamine olmayan idrar elde etmek için altın standart yöntem olarak kabul edilmiştir (Yeniçeri & Özdemir, 2023; 't Hoen et al., 2021) (Görsel 1). Suprapubik mesane

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

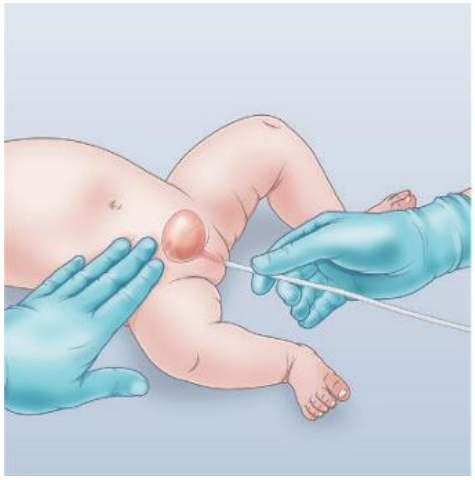
aspirasyonu, uygulayıcılar ve ebeveynler tarafından en invaziv ve ağrılı yöntem olarak kabul edilmektedir. Mikroskobik hematüri, suprapubik mesane aspirasyonu yönteminin sıklıkla görülen komplikasyonu olarak bildirilirken; barsak lümeninin aspirasyonu ise tekniğin nadir görülen komplikasyonudur (Kaufman, 2020). Ciddi fimozisi, penil adezyonu olan erkeklerde; labiyal adezyonları olan kız çocuklarında, dış genital enfeksiyon kontaminasyonu nedeniyle ve kompleks genital anomalite varlığı gibi kateterizasyonun zor olduğu durumlarda suprapubik mesane aspirasyonu önerilmektedir. Kateterizasyon veya suprapubik mesane aspirasyonu, özellikle genel sağlığı kötü olan ve antimikrobiyal tedaviye acil ihtiyaç olan bebek ve küçük çocuklarda tercih edilebilir (Yeniçeri & Özdemir, 2023; 't Hoen et al., 2021).

Görsel 1. Suprapubik Mesane Aspirasyonu (Kaufman ve ark., 2019)

2.2. Transüretral Mesane Kateterizasyonu

İnvaziv bir yöntem olan mesane kateterizasyonu %95 duyarlılık ve %99 özgüllüğe sahiptir. Transüretral mesane kateterizasyonu, idrar örneği elde etmek amacıyla üretradan mesaneye steril teknikle bir kateterin geçici olarak yerleştirilmesidir (Görsel 2). Tekniğin uygulanması eğitim ve deneyim gerektirir (Kaufman, 2020). Transüretral mesane kateterizasyonu, tuvalet eğitimi olmayan bebek ve çocuklarda üriner sistem enfeksiyonlarını dışlamak veya doğrulamak için güvenilir bir idrar örneği elde etmenin en hızlı ve en güvenli yöntemidir. Transüretral mesane kateterizasyonu ile elde edilen idrar örneği, idrar kültürü için kullanılabilir. Perineal bölge veya prepisiumdan bakteriyel kontaminasyon olabileceğinden yaklaşık %10'luk bir kontaminasyon oranı vardır (Yeniçeri & Özdemir, 2023; 't Hoen et al., 2021).

ISBN NR: 978-625-5694-58-4



Görsel 2. Transüretral Mesane Kateterizasyonu (Kaufman ve ark., 2019)

2.3. İdrar Toplama Torbaları

Temizlenmiş genital bölgeye idrar toplama torbası yapıştırma yöntemi, rutin uygulamada en sık kullanılan ve invaziv olmayan bir yöntemdir (Görsel 3). Diğer idrar toplama tekniklerine göre kontaminasyon oranı en yüksek olan (%50-60) yöntemdir ('t Hoen et al., 2021). İdrar toplama torbalarının yüksek yanlış pozitif oranları, idrar örneği toplama süresinin uzun olması nedeniyle tanı ve tedaviyi geciktirmesi, cilt tahrişine neden olması gibi sınırlılıkları bulunmaktadır (Kaufman et al., 2020; Korkmaz et al., 2024).

Görsel 3. İdrar toplama torbası ile idrar örneği toplama yöntemi (Kaufman ve ark., 2019)

İdrar toplama torbaları nonivaziv bir teknik olmasına rağmen cilde yapıştırılan torbaların çıkarılması sırasında çocukların yarısında orta ile şiddetli ağrıya neden olduğu bildirilmiştir (Lamy et al., 2019). Yüksek kontaminasyon oranı nedeniyle birçok kılavuzda bu yöntemle alınan idrar örneklerinin idrar kültürü için kullanılması önerilmez. Kılavuzlarda idrar toplama torbaları ile elde edilen idrar örneğinin yalnızca üriner sistem enfeksiyonlarını dışlamak için kullanımı önerilmektedir (t Hoen et al., 2021).

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

2.4. Temiz İdrar Yakalama (TİT)

Temiz idrar yakalama (TİT) tekniği, noninvaziv yöntemlerden biridir. Bu teknikte, periüretral bölgesi temizlenmiş bebek veya çocuk sırtüstü yatar pozisyona veya dik pozisyonda (önerilen) tutulur. Çocukta miksiyon başlayana kadar steril idrar toplama kabı cilt temasından kaçınarak üretral meatusun altında tutulur ve idrar örneği elde edilmesi beklenir (Diviney & Jaswon, 2021) (Görsel 4). Bu tekniğin kontamisyon oranı %26 olarak bildirilmiştir ('t Hoen et al., 2021). Periüretral bölgenin temizlenmiş olması ve orta akım idrarın toplanması kontaminasyon oranlarını azaltabilir. TİT tekniği, diğer idrar örneği toplama yöntemlerine göre daha az ağrılıdır ve teknik uzmanlık gerektirmez (Korkmaz, 2023). Tuvalet eğitimi almış çocuklarda TİT tekniği kolaylıkla uygulanabilirken, tuvalet eğitimi olmayan yenidoğan ve bebeklerde uygulanması oldukça zordur. TİT tekniği, ebeveynler ve sağlık personeli tarafından zaman alıcı ve karmaşık olarak tanımlanmıştır (Kaufman et al., 2017). Bir çalışmada 2-48 aylık 139 çocukta TİT ile %64 oranla idrar toplama başarısı için ortanca süre 30.5 dk [IQR=11-61 dk] olarak bildirilmiştir (Tosif et al., 2017). Bu yönüyle tek başına TİT tekniğinin tuvalet eğitimi olmayan bebeklerde kullanılmasının hasta, ailesi ve sağlık personeli açısından zor, zaman alıcı ve rahatsızlık veren bir teknik olduğu söylenebilir (Branagan et al., 2022).

Görsel 4. Temiz idrar yakalama tekniği (Kaufman ve ark., 2019)

Tuvalet eğitimi olmayan çocuklarda TİT tekniğinin zaman alan doğası, hastanın acil serviste kalış süresinin uzamasına neden olarak klinik ortamlardaki zaman, insan gücü gibi değerli kaynakların yönetimini zorlaştırır. İlerleyen zaman, perigenital bölgenin veya toplama kabının kontaminasyon riskini artırabilir, tedavinin geçilmesine neden olabilir (Tosif et al., 2017). Bu nedenle tuvalet eğitimi olmayan çocuklarda miksiyonun uyarılmasını sağlayarak daha kısa sürede TİT yoluyla idrar örneğinin elde edilmesini sağlayacak alternatif teknikler yarar sağlamaktadır. EAU/ESPU 2021 Rehberi, suprapubik vuruş ve kütanöz stimülasyon, paravertebral lomber masaj gibi uyaranların TİT tekniğine entegre edilmesi ile idrarın kendiliğinden boşalmasının uyarılabileceğini bildirmiştir ('t Hoen et al., 2021).

2.4.1. Mesane Stimülasyonu Tekniği

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Bebeklerden idrar örneği elde etmek amacıyla 1986 yılında "Finder tap" adı verilen miksiyonu uyaran bir teknik tanımlanmıştır (Taylor et al., 1986). Yıllar sonra, Herreros ve ark. (2013) kısmen "Finder tap" tekniğine dayanan yeni bir mesane stimülasyon tekniğini tanımlamışlardır. Mesane stimülasyonu tekniği, tuvalet eğitimi olmayan çocuklarda miksiyonun uyarılmasını sağlayarak TİT tekniği ile daha kısa sürede ve daha yüksek başarı oranıyla idrar örneğinin elde edilmesini sağlayan bir tekniktir. Bu teknikte, bebeğin anne sütü veya formül süt ile beslenmesinden 20-30 dakika sonra ard arda iki manevranın uygulanmasıyla gerçekleşmektedir: (1) Suprapubik bölgeye 30 saniye boyunca hafif vuruşlar (dakikada 100 vuruş sıklığında) ve (2) ardından bebeğin lomber paravertebral bölgesine 30 saniye süreyle başparmaklarla dairesel masaj uygulanması. Her iki manevra 5 dakika boyunca idrar yapma gerçekleşene kadar dönüşümlü olarak uygulanmaktadır (Herreros Fernández et al., 2013; Gómez-Manzano et al., 2025; Korkmaz et al., 2024) (Görsel 5). Mesane stimülasyonu tekniği, üç yetişkinin (sağlık profesyonelleri ve/veya ebeveynler) katılımını gerektirir; bir kişi bebeği koltuk altlarından, erkeklerde bacaklar aşağıya sarkık ve kızlarda kalça fleksiyonda olacak şekilde tutarken, diğer bir kişi stimülasyon manevralarını uygular ve üçüncü kişi miksiyon gerçekleştiğinde idrar örneğini steril bir kapta toplar (Herreros Fernández et al., 2013; Gómez-Manzano et al., 2025; Korkmaz et al., 2024).

Görsel 5. Mesane stimülasyonu tekniğinin uygulanması (A.Bebeğe mesane stimulasyon tekniği için pozisyon verilmesi ve suprapubik alana vuruş B. Paravertebral bölgeye masaj C. Sterik kaba orta idrar toplama (Herreros Fernandez et al., 2013)).

Miksiyon fizyolojisinde; mesanenin idrar ile dolması sonucu gerginleşen mesane duvarları medullaya giden afferent lifleri uyarır ve bu lifler idrarın mesaneden atılımını sağlayan detrüsör kasını uyarır. Bu refleks, tuvalet eğitimi olan (kontinanslı) bireylerde korteks tarafından istemli olarak inhibe edilebilir (Herreros Fernández et al., 2013). Ancak, tuvalet eğitimi olmayan 2 yaşından küçük çocuklarda kontrol edilemez ve miksiyon kendiliğinden gerçekleşir (Korkmaz et al., 2024). Mesane stimülasyonunda kullanılan suprapubik bölgeye nazik vuruşlar ve paravertebral bölgeye parmaklarla yapılan masaj miksiyon fizyolojisini destekleyici etki gösterir. Araştırmalar, mesane stimulasyonunun farklı yaş gruplarındaki çocuklarda TİT tekniği ile idrar örneği toplama başarısını artırdığını kanıtlamıştır (Altuntaş et al., 2015; Herreros Fernández et al., 2013; Korkmaz et al., 2024).

2.4.2. Suprapubik Kütanöz Stimülasyon Tekniği

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Suprapubik kutanöz stimülasyon tekniği, suprapubik bölgeye kutanöz olarak soğuk ve ıslak uyaran verilmesi yöntemidir (Görsel 6). Klinisyenler bazı çocukların idrar toplamadan önce perigenital bölgenin rutin temizliği sırasında kendiliğinden miksiyonun gerçekleştiğini fark etmişlerdir. Soğuk ve ıslak stimülasyonun kutanöz olarak miksiyon reflekslerini tetiklediği bildirilmiştir. Hayvan çalışmalarında perigenital-mesane spinal refleksleri mekanik olarak veya anneler yenidoğanlarının perigenital cildini yaladığında uyarılabilmektedir (Tai et al., 2008). İnsanlarda suprapubik stimülasyonun, eksteroseptif somato-mesane refleks mekanizması yoluyla parasempatik detrusor kasılmasını tetiklediği öne sürülmektedir (Fowler et al., 2008). Araştırmalar, suprapubik kutanöz stimülasyon tekniğinin farklı yaş gruplarındaki çocuklarda TİT tekniği ile idrar örneği toplama başarısını artırdığını kanıtlamıştır (Kaufman et al., 2017; Hall-Million & Howard, 2017; Branagan et al., 2022).

Görsel 6. Suprapubik kutanöz stimülasyon tekniğinin uygulanması (Kaufman ve ark., 2017)

Kaufman ve ark. (2017, 2019) tek kullanımlık plastik forsepsle tutulan, soğuk tuzlu suya batırılmış (2.8°C'de soğutulmuş) gazlı bez kullanılarak bebeğin suprapubik bölgesinin sürekli dairesel hareketlerle en fazla 5 dakika boyunca ovulmasına dayanan suprapubik kutanöz stimülasyon tekniğini "Quick-Wee" adıyla tanımlamışlardır. Quick-Wee tekniği ile yapılan çalışmalarda standart yöntemle karşılaştırıldığında bebeklerden 5 dk süre içinde idrar örneği toplamada daha başarılı bir yöntem olduğu ve klisnisyen ve ebeveynlerin bu teknikle ilgili yüksek memnuniyet bildirdiği bulunmuştur (Kaufman et al., 2017). Suprapubik kutanöz stimülasyon tekniğinin uygulanması ile ilgili önemli bir avantaj, teknik daha az kişi ile uygulanabilir olmasıdır. Hemşire bir yandan bebeğin suprapubik bölgesini soğuk suya batırılmış gazlı bezle ovalarken, diğer yandan idrar çıkışı sırasında idrar örneğini idrar toplama kabına toplayabilir (Gómez-Manzano et al., 2025).

3. ÜRİNER KONTİNANSI OLMAYAN ÇOCUKLARDA İDRAR ÖRNEĞİ TOPLAMADA HEMŞİRENİN ROLÜ

Üriner konstinans gelişmemiş, tuvalet eğitimi olmayan bebek ve çocuklarda üriner sistem enfeksiyonlarının tanılanmasında önemli yeri olan idrar örneği toplamada çocuk hemşirelerinin

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

rolü oldukça önemlidir. İdrar örneği elde etmek amacıyla çocuk ve aile bilgilendirilmeli ve işleme hazırlanmalıdır. Çocuktan idrar örneği toplamaya hazırlık aşamasında önemli bir adım, bebeğin ya da çocuğun hidrasyonudur. Oral alımı olan bebek/ çocuklar için sıvı besinlerle yeteri kadar beslenmesi teşvik edilmelidir. Oral beslenme ile ilgili sorunu olan bebek/çocukların doktor istemi doğrultusunda intravenöz hidrasyonu sağlanmalıdır (Aras Doğan & Aytekin Özdemir, 2024; Bakıroğlu & Çetinkaya, 2024).

Hekim, bebek ve çocuğun sağlık durumunu değerlendirerek kılavuzlar doğrultusunda en uygun idrar toplama yöntemine karar verir. Bu süreçte invaziv teknikler için bebek ve ailesinin hazırlığı ve işlemin desteklenmesinde hemşirenin rolü vardır. Hemşire, suprapubik mesane aspirasyonu yönteminin uygulayıcısı değildir, ancak işlemi asiste etmekten sorumludur. Hemşire, bebek ve çocuklardan idrar örneği elde etmede invaziv olmayan yöntemleri bağımsız olarak uygulayabilir. Bebek/ çocuk ve ailesini değerlendiren hemşire, bu yöntemlerden bebek veya çocuk için en doğru olana karar verebilir. Noninvaziv yöntemlerden temiz idrar yakalama tekniği, kontaminasyon oranının düşük olması nedeniyle ilk tercih olmalıdır ('t Hoen et al., 2021). Ancak hemşire bu yöntemin üriner kontinansı olmayan çocuklarda kullanımı konusundaki sınırlılıkları dikkate alarak yöntemin uygulanmasına mesane stimulasyonu ve suprapubik kütanöz stimülasyon tekniklerini entegre edebilir. Bebek ve çocuklarda idrar örneği toplamak amacıyla hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın hemşire, kontaminasyonu önleyici önlemler almalıdır. Uygun solüsyonlarla periüretral bölge temizliğine özen gösterilmeli, numunenin uygun koşullarda saklanması ve laboratuvara taşınması sürecinde kontamine olmasının önlenmesi için dikkatli olunmalıdır (Aras Doğan & Aytekin Özdemir, 2024; Bakıroğlu & Çetinkaya, 2024). Çocuklara uygulanan invaziv işlemler bilinmezlik, karmaşıklık ve çocuğun hissettiği ağrıdan dolayı ailelerde genellikle yüksek anksiyeteye yol açar. Bu durumda hemşirelerin ailelere danışmanlık sağlayıp işlem hakkında bilgi vermesi ailenin işlem boyunca daha sakin kalmasını sağlayacaktır. Hemşirenin görev ve sorumluluklarından biri olan ağrı yönetimi idrar toplama işleminde ön plana çıkmaktadır. Özellikle invaziv işlemlerde pediatri hemşiresi nonfarmakolojik yöntemlerle çocuğun ağrısını kontrol altına almaya çalışmalıdır (Bakıroğlu & Çetinkaya, 2024).

4. SONUÇ

Bu çalışmada, üriner kontinans gelişmemiş ve tuvalet eğitimi olmayan bebek ve çocuklarda kullanılabilecek idrar örneği toplama yöntemleri ele alınmıştır. Üriner sistem enfeksiyonlarının tanılanmasında önemli yeri olan idrar örneği toplama işleminin güncel literatür ve rehberler doğrultusunda gerçekleştirilmesinin önemi vurgulanmıştır. İdrar örneğinin elde edilmesinde çocuk hemşiresinin rolü değerlendirilmiş ve öneriler sunulmuştur. Tuvalet eğitimi olmayan bebek ve çocuklardan idrar örneği toplamada kullanılabilecek yöntemleri, özelliklerini ve sınırlılıklarını bilmek sağlık çalışanlarının uygun tekniği seçmesine yardımcı olurken hem ebeveynler hem de çocuk için tanı sürecinin kolaylaşmasını ve hızlanmasını sağlaması açısından önemlidir.

5. KAYNAKLAR

[1] Altuntas, N., Tayfur, A. C., Kocak, M., Razi, H. C., & Akkurt, S. (2015). Midstream clean-catch urine collection in newborns: a randomized controlled study. *European Journal of Pediatrics*, *174*(5), 577–582. https://doi.org/10.1007/s00431-014-2434-z

[2] Aras Doğan, Ş.& Aytekin Özdemir, A. (2024) Bebek ve Çocuklarda Örnek Alma. Kuğuoğlu S, Taş Arslan F, Küçükoğlu S., editörler. *Pediatri Hemşireliği Temel Klinik Becerileri.* (1. Baskı, s.561-592) Ankara: Nobel Tıp Kitabevi.

[3] Bakırlıoğlu, B., Çetinkaya, B. (2024). Urine collection methods in children without toilet training. *EGEHFD, 40*(2), 313-319. Doi: 10.53490/egehemsire.1226760

[4] Branagan, A., Canty, N., O'Halloran, E., Madden, M., & O'Neill, M. B. (2022). Evaluation of the Quick Wee method of inducing faster clean catch urine collection in pre-continent infants: a randomized controlled trial. *World journal of pediatrics: WJP*, *18*(1), 43–49. https://doi.org/10.1007/s12519-021-00483-4

[5] Demonchy, D., Ciais, C., Fontas, E., Berard, E., Bréaud, J., Rohrlich, P. S., Dubos, F., Fortier, C., Desmontils, J., Hérisse, A. L., Donzeau, D., Haas, H., & Tran, A. (2019). Evaluation of bladder stimulation as a non-invasive technique for urine collection to diagnose urinary tract infection in infants under 6 months: a randomized multicenter study. *Trials*, *20*(1), 783. https://doi.org/10.1186/s13063-019-3914-2

[6] Diviney, J., & Jaswon, M. S. (2021). Correction to: Urine collection methods and dipstick testing in non-toilet-trained children. *Pediatric Nephrology, 36*(7), 1937. https://doi.org/10.1007/s00467-020-04824-9

[7] Ekti Genç, R., & Şenol, S. (2018). Çocuklarda üriner sistem hastalıkları ve hemşirelik bakımı. Içinde Z. Conk, Z. Başbakkal, H. Bal Yılmaz, & B. Bolışık (Ed.), Pediatri Hemşireliği (2. baskı, ss. 590–592). Akademisyen Kitabevi.

[8] Fowler CJ, Griffiths D, de Groat WC. (2008). The neural control of micturition. Nat *Rev Neurosci, 9*:,53-66. doi:10.1038/nrn2401

[9] Gómez-Manzano, F. J., Barroso-Corroto, E., Laredo-Aguilera, J. A., Molina-Madueño, R. M., Rodríguez-Cañamero, S., & Carmona-Torres, J. M. (2025). Urination Stimulation Techniques for Collecting Clean Urine Samples in Infants Under One Year: Systematic Review and Meta-Analysis. *Acta paediatrica, 114*(8), 1788–1802. https://doi.org/10.1111/apa.70091

[10] Hall-Million, S., & Howard, P. K. (2017). Does Suprapubic Stimulation in Infants Facilitate Collection of a Clean Catch Urine Specimen?. *Advanced emergency nursing journal*, *39*(4), 236–239. https://doi.org/10.1097/TME.0000000000000167

[11] Herreros, M. L., Tagarro, A., García-Pose, A., Sánchez, A., Castaño, E., & Gutiérrez-Arroyo, A. (2013). A new technique for fast and safe collection of urine in newborns. *BMJ Open*, *3*(5), e002943. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2013-002943.

[12] Kaufman, J., Fitzpatrick, P., Tosif, S., Hopper, S.M., Donath, S.M., Bryant, P.A., et al. (2017). Faster clean catch urine collection (Quick-Wee method) from infants: randomised controlled trial. *BMJ*, *357*:j1341

[13] Kaufman, J., Temple-Smith, M., Sanci, L. (2019) Urine sample collection from young pre-continent children: common methods and the new Quick-Wee technique. *Br J Gen Pract, 70*(690):42-43. https://doi.org/10.3399/bjgp20X707705

[14] Kaufman, J. (2020) How to… collect urine samples from young children. *Arch Dis Child Educ Pract Ed., 105*(3):164-171. https://doi.org/10.1136/archdischild-2019-317237

[15] Korkmaz, N. Bir Yaşın Altındaki Bebeklerde İdrar Örneği Toplamada İnvaziv Olmayan Mesane Stimülasyon Tekniğinin Etkisi. İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Doktora Tezi. İstanbul, 2023.

[16] Korkmaz, N., Narter, F. K., Mutlu, B., Şahin, K., & Özgörü, H. (2024). Effects of the bladder stimulation technique on urine sample collection in newborns: A randomized controlled study. *International journal of nursing practice, 30*(5), e13255. https://doi.org/10.1111/ijn.13255

[17] Lamy C, Loizeau V, Couquet C, et al. (2019) Pain experienced by infants and toddlers at urine collection bag removal: A randomized, controlled, clinical trial. *Int J Nurs Stud. 95*, 1-6. https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2019.03.014

[18] Roberts, K.B. (2011). Urinary tract infection: Clinical practice guideline for the diagnosis and management of the initial UTI in febrile infants and children 2 to 24 months. *Pediatrics, 128*(3), 595–610. https://doi.org/10.1542/peds.2011-1330

[19] Shaikh, N., Morone, N.E., & Chandran, A. (2016). The diagnosis and management of pediatric urinary tract infections. *JAMA Pediatrics, 170*(1), 92–99. https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2015.3341

[20] 't Hoen, L.A., Bogaert, G., Radmayr, C., et al. (2021) Update of the EAU/ESPU guidelines on urinary tract infections in children. *J Pediatr Uro., 17*(2):200-207. https://doi.org/10.1016/j.jpurol.2021.01.037

[21] Tai C, Shen B, Wang J, Chancellor MB, Roppolo JR, de Groat WC. (2008) Inhibitory and excitatory perigenital-to-bladder spinal reflexes in the cat. *Am J Physiol Renal Physiol, 294*:F591-602. doi:10.1152/ ajprenal.00443.2007

[22] Taylor, M.R., Dillon, M., Keane, C.T. (1986) Reduction of mixed growth rates in urine by using a "finger tap" method of collection. *Br Med J (Clin Res Ed)., 292*(6526):990. https://doi.org/10.1136/bmj.292.6526.990

[23] Tosif, S., Kaufman, J., Fitzpatrick, P., Hopper, S.M., Hoq, M., Donath, S., et al. (2017) Clean catch urine collection: time taken and diagnostic implication. A prospective observational study. *J Paediatr Child Health, 53*, 970–975.

[24] Yeniçeri EN, Özdemir A. (2023) Birinci basamakta pediatrik ürolojik hastalıklara yaklaşım. O. Sarı (Ed.), *Birinci Basamakta Üriner Sistem Hastalıklarına Yaklaşım.* (1. Baskı, s.95-103). Ankara: Türkiye Klinikleri.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

PEDİATRİK İNTRAMÜSKÜLER ENJEKSİYONDA AĞRI YÖNETİMİ İÇİN YENİ BİR TEKNİK: HELFER SKİN TAP

Uzm. Hemş. Kübra BEYAZ

Çekmeköy 7 No'lu Aile Sağlığı Merkezi, İstanbul,
beyazkubra0@gmail.com- ORCID ID: 0009-0008-2869-6763

Prof. Dr. Aynur AYTEKİN ÖZDEMİR

İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, İstanbul,
aynuraytekin25@hotmail.com- ORCID ID: 0000-0002-4738-0747

ÖZET

Pediatrik tıbbi işlemlerde etkili bir ağrı yönetimi her çocuğun hakkıdır ve sağlık çalışanlarının etik sorumluluğudur. Dünya Sağlık Örgütü ağrı yönetimi konusunda; öncelikle ağrıyı önlemeyi, ağrılı işlemleri minimal düzeye indirmeyi, var olan ağrıyı azaltmayı, süreci çocuğun ağrısı ve hassasiyeti göz önünde bulundurularak planlayıp kontrol altına almayı önermektedir. Uluslararası Pediatrik Anestezi Rehberi (Postoperatif ve Prosedüral Ağrıda İyi Uygulamalar)'nde de çocuklarda tıbbi işlemlere bağlı akut ağrıyı önlemek ve etkili bir şekilde yönetmek için farmakolojik ve nonfarmakolojik yöntemler önerilmiştir. Çocuklarda ağrı yönetiminde kullanılan farmakolojik yöntemlerin yan etkileri nedeniyle ağrı yönetimi için nonfarmakolojik yöntemler ön plana çıkmaktadır. Bu bakımdan bu bildirinin konusu olan Helfer Skin Tap tekniği; pediatrik tıbbi işlemlerden intramüsküler enjeksiyon ağrısının yönetimi için yeni bir nonfarmakolojik yöntem olarak karşımıza çıkmıştır.

Helfer Skin Tap tekniği; Joanne Helfer (2000) tarafından geliştirilmiştir. Wall ve Melzack'ın kapı kontrol teorisine temellendirilir. İntramüsküler enjeksiyon sırasında meydana gelen ağrıyı azaltmak için işlem bölgesinde cilde ritmik vuruşların uygulandığı teknikte vuruşların etkisiyle kaslar gevşetilir, mekanik stimülasyon ile afferent liflerin etkinliği bloke edilerek, ağrı algısı azaltılır. Bu teknik güvenli, kullanımı kolay, etkili ve ucuz bir yöntemdir. Çocuklarda yapılan sınırlı sayıda çalışmada bu tekniğin intramüsküler enjeksiyon ağrısını azaltmada etkili olduğu bulunmuştur. Bu çalışma, pediatrik hastalarda intramüsküler enjeksiyona bağlı ağrı yönetimi için Helfer skin tap tekniğinin kullanımına ilişkin araştırmaları bibliyometrik bir analiz yoluyla inceleyerek eğilimleri belirlemek amacıyla yapılmıştır. Dokümanların incelenmesi, 11 Kasım2025 tarihinde Web of Sciences (WoS) veri tabanı kullanılarak zaman sınırlaması olmadan yapılmıştır. WoS veri tabanı, "Helfer skin tap", "pain", "acute pain", "child", "children", "infant", "neonate", "pediatric patient", "young" anahtar kelimeleri kullanılarak taranmıştır. Toplam 9 çalışmaya ulaşılmış, dahil edilme kriterlerine uymayan, yineleyen ve tam metin erişimi olmayan araştırmalar çıkarılmış (n=5) ve 4 çalışma ile bibliyometrik analizler yapılmıştır. Araştırmalar; yıllara göre yayın sayısı, atıf sayısı, çalışmalar arasındaki atıf ilişkileri, en çok yayın yapılan ülkeler ve atıf sayıları, sıklıkla kullanılan anahtar kelimeler ve

ağ bağlantıları, çalışmaların tipi, örneklem grubu, veri toplama aracı ve çalışma sonuçları açısından incelenmiştir.

Çalışmalar, 2023-2024 yıllarında ve yenidoğan, 4 yaş, 4-10 yaş grubu ve 6-12 yaş grubu çocuklarda yapılmıştır. Çalışmaların tamamı, randomize kontrollü deneysel tasarımda yapılmıştır. Araştırmalarda aşı enjeksiyonu ile antibiyotik enjeksiyonu gibi kas içi tıbbi işlemlerle ilişkili ağrı düzeyi değerlendirilmiştir. Çalışmaların bir kısmında ağrı ile birlikte çocukların anksiyete ve korku düzeyi de değerlendirilmiştir. Araştırmalarda Wong& Baker Ağrı Ölçeği ve Yenidoğan Bebek Ağrı Ölçeği (NIPS) Ölçeği kullanılmıştır.

Çocuklarda intramüsküler enjeksiyon işleminde Helfer skin tap tekniğinin ağrı üzerine etkisini inceleyen çalışmaların sonuçları değerlendirildiğinde; iki çalışmada çocuklarda intramüsküler enjeksiyon ağrısını azaltmada Helfer skin tap tekniğinin etkili olduğu bulunurken ($p<0.05$); diğer 2 çalışmada etkili olmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$). Bu bilgilere dayanarak çocuklarda intramüsküler enjeksiyon işleminde ağrı yönetiminde Helfer skin tap tekniğinin etkisinin incelendiği daha fazla çalışma yapılması önerilir.

Anahtar Kelimeler : Akut ağrı, çocuk, Helfer Skin Tap, kas içi enjeksiyon.

1. GİRİŞ

Ağrı, Uluslararası Ağrı Araştırmaları Birliği (IASP) tarafından "vücudun herhangi bir yerinde meydana gelen, organik bir sebebe bağlı olan veya olmayan, hoş olmayan duyusal ve duygusal bir deneyim" olarak tanımlanmıştır (International Association for the Study of Pain, 2017). Çocuklar yaşamlarının ilk gününden itibaren birçok iğne ile ilişkili ağrılı girişime maruz kalmaktadır (Emergency Nurses Association (ENA), 2019). Bu girişimler pediatrik hastaların tanı ve tedavi sürecinde ağrı, anksiyete, stres ve korku deneyimlemelerine neden olur (Farion, Splinter, Newhook, Gaboury, & Splinter, 2008). Çocuklar genellikle iğne ile ilgili girişimleri, en acı verici ve en korkutucu tıbbi işlemler olarak tanımlamaktadır. Ağrı çok sayıda fizyolojik, psikolojik ve duygusal sonuçlara neden olabileceğinden tıbbi işlemler sırasında ağrı yönetimi son derece önemlidir (Ballard, Khadra, Adler, Trottier, & Le May, 2019). Pediatrik Anestezide Uluslararası Rehber (Postoperatif ve prosedürel ağrı yönetiminde iyi uygulama) çocuklarda tıbbi işlemlere bağlı akut ağrıyı önlemek ve etkili bir şekilde yönetmek için farmakolojik ve nonfarmakolojik yöntemleri önermektedir (Association of Pediatric Anesthesia (APA), 2012).

Nonfarmakolojik yöntemlerin tek başlarına ya da farmakolojik yöntemlerle birlikte kullanımı ağrı şiddetinin azaltılmasında etkinliği yüksek olduğundan özellikle son yıllarda kullanımı artmıştır (Tork, 2017). Ağrının kontrolü için kullanılan nonfarmakolojik yöntemler, kullanımı kolay, yan etkisi olmayan, ucuz ve zaman tasarrufu sağlayan yöntemlerdir. Nonfarmakolojik yöntemlerin ağrı üzerindeki etkisi kapı kontrol teorisi ile açıklanabilir. Günümüzde nonfarmakolojik yöntemler ağrının giderilmesinde hemşireler tarafından yaygınca kullanılmaktadır (Ghodsi ve ark., 2020). Pediatrik yaş grubunda yaygınca kullanılan ağrılı tıbbi işlemlerden biri kas içi enjeksiyonlardır. Çocuklarda kas içi enjeksiyonlarla ilişkili ağrı yönetiminde kullanılabilecek nonfarmakolojik yöntemlerden biri, Helfer skin tap (HST) tekniğidir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Helfer skin tap tekniği, Joanne Helfer (2000) tarafından geliştirilmiştir. Wall ve Melzack'ın kapı kontrol teorisine temellendirilir. İntramüsküler enjeksiyon sırasında meydana gelen ağrıyı azaltmak için işlem bölgesinde cilde ritmik vuruşların uygulandığı teknikte vuruşların etkisiyle kaslar gevşetilir, mekanik stimülasyon ile afferent liflerin etkinliği bloke edilerek, ağrı algısı azaltılır. Bu teknik güvenli, kullanımı kolay, etkili ve ucuz bir yöntemdir (Bhardwaj et al., 2023; Güven & Çakırer Çalbayram, 2023). Bebeklerle yapılan sınırlı sayıda çalışmada bu tekniğin IM enjeksiyon ağrısını azaltmada etkili olduğu bulunmuştur (Güven & Çakırer Çalbayram, 2023; Negi, 2019; Meera et al., 2019; Mohamed et al., 2021). Bu alanda kanıt değeri yüksek çalışmalara ihtiyaç vardır. Bu çalışma, pediatrik hastalarda intramüsküler enjeksiyona bağlı ağrı yönetimi için Helfer skin tap tekniğinin kullanımına ilişkin araştırmaları bibliyometrik bir analiz yoluyla inceleyerek eğilimleri belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu bibliyometrik analiz çalışması, kas içi enjeksiyonlarda ağrı yönetiminde Helfer skin tap tekniğinin kullanımı alanındaki pediatrik araştırmalara odaklanarak mevcut bilgileri özetlemeyi, eğilimleri belirlemeyi ve literatürdeki boşlukları tespit etmeyi amaçlamaktadır.

2. YÖNTEM

Araştırmanın Tipi

Araştırma genel tarama modellerinden tekil tarama yöntemi ve doküman incelemesi tekniği ile yürütülmüş tanımlayıcı tipte bir çalışmadır.

Dokümanların İncelenmesi ve Seçimi

Bu araştırmada, bibliyografik verilerin elde edilmesi amacıyla Web of Sciences (WoS) veri tabanı kullanılmıştır. WoS veri tabanı, 11 Kasım 2025 tarihinde "Helfer skin tap", "pain", "acute pain", "child", "children", "infant", "neonate", "pediatric patient", "young" anahtar kelimeleri kullanılarak taranmıştır. WoS veri tabanı taraması sonucunda toplam 9 araştırma makalesine ulaşılmış; dahil edilme kriterlerine uymayan, devam eden, yinelenen ya da tam metin erişimi bulunmayan 5 araştırma çıkarılmış ve 4 çalışmayı kapsayan bibliyometrik analiz yapılmıştır.

Araştırmaya Dahil Edilme Kriterleri

- Çalışmanın tam metin erişimine açık olması
- Randomize kontrollü çalışma tasarımında olması
- İntramüsküler enjeksiyonda işlemini konu alması
- Çocukluk yaş gruplarında yapılmış olması

Veri Analizi

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

WoS veri tabanı incelemesi ile elde edilen veriler, VOSviewer 1.6.20 yazılım paketi (Van Eck & Waltman, 2010) aracılığıyla Vosviewer veri seti analizleri ve Microsoft Office Excel 2016 paket programı ile değerlendirilmiş ve görselleştirilmiştir.

Araştırmanın Etik Boyutu

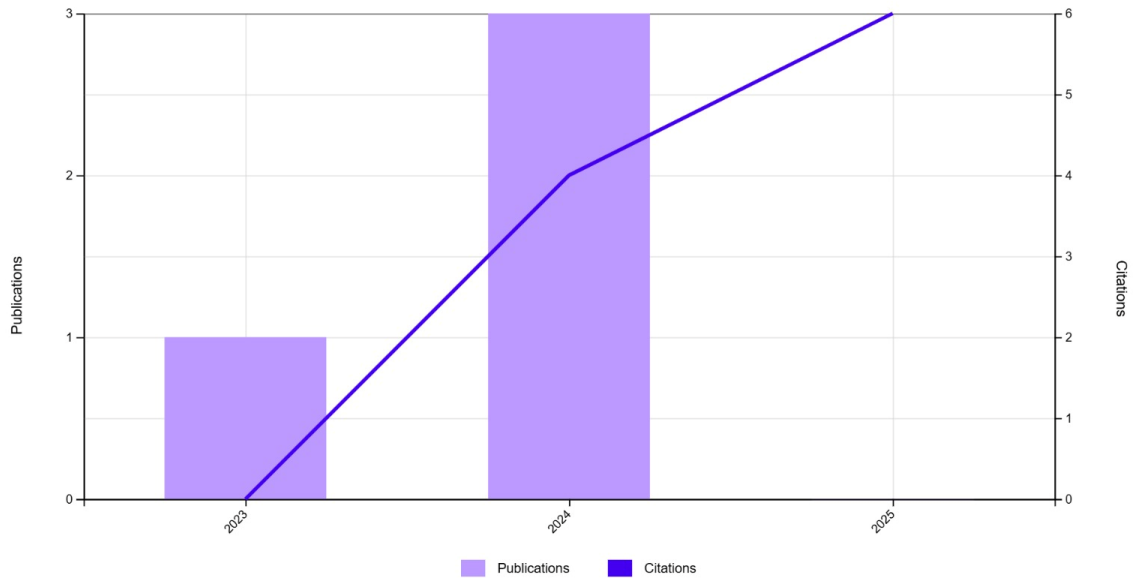
Çalışma, doküman taraması yoluyla yapıldığından etik onay gerekli değildir.

Araştırmanın Sınırlılıkları

Bu bibliyometrik inceleme çalışması, sınırlı sayıda anahtar kelime kullanılarak WoS veri tabanı aracılığıyla ulaşılabilen araştırmaları kapsamaktadır.

Bulgular

Bu araştırmada, WoS veri tabanından elde edilen pediatrik intramüsküler enjeksiyon işleminde Helfer Skin Tap tekniğinin ağrıya etkisinin değerlendirildiği 4 randomize kontrollü çalışma incelenmiştir. Çalışmanın bulguları; yıllara göre yayın sayısı, atıf sayısı, çalışmalar arasındaki atıf ilişkileri, en çok yayın yapılan ülkeler ve atıf sayıları, en sık kullanılan anahtar kelimeler ve ağ bağlantıları, çalışmaların tipi, örneklem grubu, veri toplama aracı ve çalışma sonuçları açısından incelenmiştir.



Görsel 1. Araştırmaların yıllara göre dağılımı ve atıf sayıları

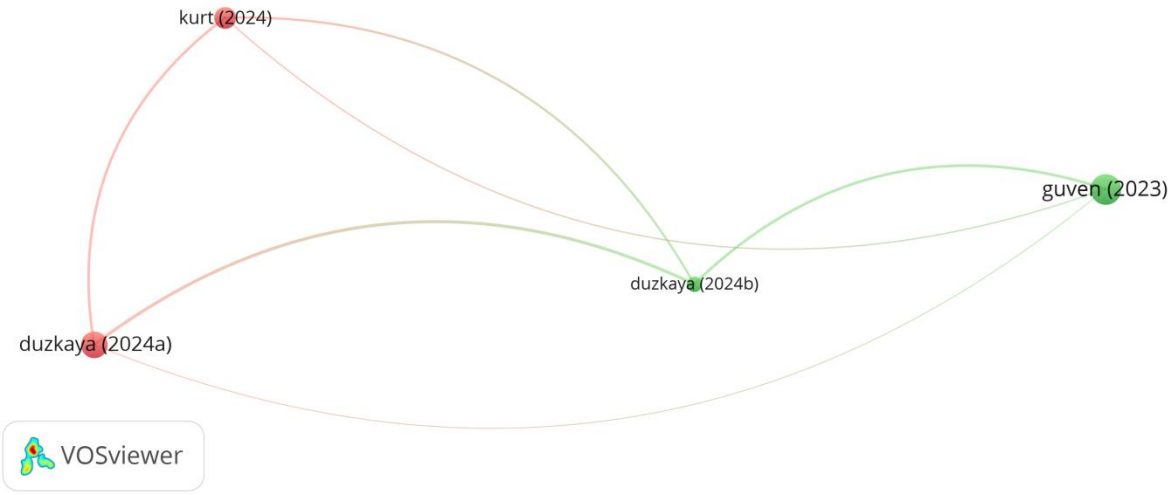
Çocuklarda intramüsküler enjeksiyon işleminde ağrı yönetimi için Helfer Skin Tap tekniğinin etkinliğinin incelendiği ilk çalışma 2023 yılında yayınlanırken, diğer 3 çalışma 2024 yılında yayınlanmıştır. Bu teknik, erişkin yaş grubundaki hastalarda daha yaygın olarak kullanılırken pediatrik hastalarda kullanımının etkinliğine yönelik çalışmaların daha yeni yapılmaya

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

başlandığı ve ilerleyen yıllarda çalışma sayısında artış olacağı öngörülmektedir. Nitekim 2024 yayın künyeli olarak konu ile ilgili üç makalenin yayınlandığı görülmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Çocuklarda intramüsküler enjeksiyon ağrı yönetiminde HST çalışmaları ve atıf sayısı

Sıra	Başlık	Yazar	Atıf
1	The effect of Helfer skin tap technique on hepatitis B vaccine intramuscular injection pain in neonates: A randomized controlled trial	Güven & Çalbayram (2023)	4
2	Effect of the Helfer skin tap technique on pain, anxiety, and fear in children undergoing intramuscular injection: An open-label randomized controlled study	Kurt et al. (2024)	2
3	Effects of the Helfer skin tap technique and Buzzy® application on the levels of pain and fear experienced by children during vaccination: A randomized controlled trial	Düzkaya et al. (2024)	3
4	Effects of ShotBlocker® and the Helfer skin tap technique on pain and fear experienced during intramuscular injection among children aged 6-12 years in pediatric emergency units: A randomized controlled trial	Düzkaya et al. (2024)	1



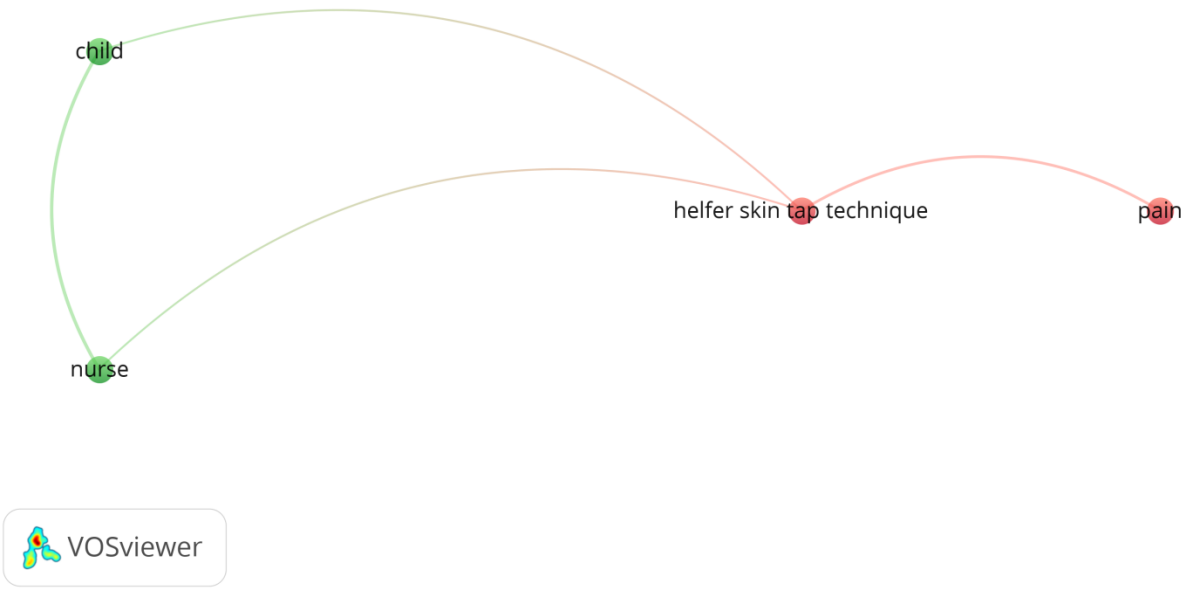
Görsel 2. Çocuklarda intramüsküler enjeksiyon ağrı yönetiminde HST çalışmalarının ağ bağlantıları

Görsel 1'de çocuklarda intramüsküler enjeksiyon işleminde ağrı yönetimi için Helfer Skin Tap tekniğinin incelendiği çalışmalar ve atıf sayıları verilmiştir. Konu ile ilgili yayın sayısında (n=3) ve atıf sayısında (n=6) 2024 yılında artış olduğu saptanmıştır. Atıflar ile ilgili bulgular Çizelge 1'de yer alırken, Görsel 2'de çocuklarda intramüsküler enjeksiyon işleminde ağrı yönetimi için

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Helfer Skin Tap tekniğinin etkisi konusunda çalışmaları olan yazarların ağ bağlantıları yer almaktadır. Buna göre konu ile ilgili ilk yayın olması nedeniyle Güven et al. (2023)'ın çalışması 4 atıf sayısı ile en çok atıf alan yayın olmasının yanı sıra en çok bağlantıya sahip olan yayın olma özelliğini taşımaktadır.

Çocuklarda intramüsküler enjeksiyon işleminde ağrı yönetimi için Helfer Skin Tap tekniğinin etkinliği konusundaki çalışmaların yapıldığı ülkeler ve atıf sayıları incelenmiştir. Bu konudaki çalışmaların tamamının (n=4) (%100.0) Türkiye'de yapıldığı tespit edilmiştir. Çalışmaların toplam atıf sayısının 10 olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1). Çalışmalarda kullanılan anahtar kelimeler incelenmiş ve bu anahtar kelimeler arasındaki ilişkilerin ağ haritası oluşturulmuştur. Görsel 3, en çok kullanılan anahtar kelimeleri ve ağ ilişkilerini göstermektedir. Buna göre 4 çalışmada toplam 16 anahtar kelime kullanılmış ve en sıklıkla kullanılan anahtar kelimeler "helfer skin tap technique", "pain", "child" ve "nurse" şeklindedir (Görsel 3).



Görsel 3. Çalışmalarda en sık kullanılan anahtar kelimeler ve ağ bağlantıları

Araştırmaların tamamı randomize kontrollü deneysel tasarımda yapılmıştır. İntramüsküler enjeksiyon ilaç türlerine göre dağılım incelendiğinde; çalışmaların 2'si (%50) aşı enjeksiyonunda ve diğer 2'si (%50) antibiyotik enjeksiyonunda ağrıyı değerlendirmeye yönelik çalışmalardır. Çalışmalardan 1'i (%25) term yenidoğanlarda, 1'i (%25) 4 yaşındaki çocuklarda, 1'i (%25) 4-10 yaş grubu çocuklarda ve 1'i (%25) 6-12 yaş grubu çocuklarda gerçekleştirilmiştir. Ağrıyı ölçmek amacıyla kullanılan ölçüm araçları incelendiğinde;

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

çalışmaların 1'inde (%25) Yenidoğan Bebek Ağrı Ölçeği (NIPS) kullanıldığı belirlenmiştir. Diğer 3 çalışmada (%75) ağrıyı ölçmek Wong & Baker Ağrı Ölçeği kullanılmıştır. Ek olarak kaygı ve korkuyu ölçmeyi amaçlayan araştırmalarda Çocuk Korku Ölçeği ve Çocuk Kaygı Ölçeği-Durumluluk kullanılmıştır (Çizelge 2).

Çocuklarda intramüsküler enjeksiyon işleminde ağrı yönetimi için Helfer skin tap tekniğinin etkisinin incelendiği 4 RKÇ'nın sonuçları incelendiğinde; 2 (%50) Helfer skin tap tekniğinin bebek ve çocuklarda intramüsküler enjeksiyon ağrısını azaltmada kontrol grubuna göre etkili olduğu bulunurken (Güven & Çalbayram, 2023; Kurt et al., 2024); 2 (%50) çalışmada etkili olmadığı belirlenmiştir (Düzkaya et al., 2024a, 2024b) (Çizelge 2).

Çizelge 2. Çocuklarda intramüsküler enjeksiyon ile ilişkili ağrı yönetiminde Helfer Skin Tap tekniğinin etkisini inceleyen çalışmaların özellikleri

Yazar /Yıl	Amaç	Araştırma Türü, Örneklem ve Prosedür	Ağrı Ölçeği	Sonuç
Güven & Çalbayram (2023)	Yenidoğanlarda Hepatit B aşısının intramüsküler enjeksiyonunda Helfer skin tap tekniğinin ağrı üzerine etkisini incelemek	RKÇ (n=60): Sağlıklı term yenidoğanlar • Kontrol grubu (n=30): Rutin uygulama • Girişim grubu(n=30): Helfer skin tap tekniği ile IM enjeksiyon uygulaması	• Yenidoğan Bebek Ağrı Ölçeği (NIPS)	Girişim grubundaki yenidoğanların işlem sırası ve işlem sonrasında NIPS ağrı puanlarının kontrol grubundan anlamlı farkla daha düşük olduğu saptanmıştır ($p<0.05$).
Kurt et al. (2024)	Çocuklarda intramüsküler enjeksiyon uygulamasında Helfer skin tap tekniğinin ağrı, kaygı ve korku üzerine etkisini incelemek	RKÇ (n=64): 4-10 yaş grubu çocuklar • Kontrol grubu (n=32): Rutin uygulama • Girişim grubu (n=32): Helfer skin tap tekniği ile IM enjeksiyon uygulaması	• Wong & Baker Ağrı Ölçeği • Çocuk Anksiyete Ölçeği-Durumluluk • Çocuk Korku Ölçeği	Girişim grubundaki çocukların işlemden hemen sonra ve 5 dk sonrasında ağrı, kaygı ve korku puanlarının kontrol grubundan anlamlı farkla daha düşük olduğu bulunmuştur ($p<0.05$).

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Düzkaya et al. (2024a)	Çocuklarda KKK aşısının intramüsküler enjeksiyonunda Helfer skin tap tekniği ve Buzzy uygulamanın ağrı ve korku üzerine etkisini incelemek	RKÇ (n=96): 4 yaş çocuklar • Kontrol grubu (n=32): Rutin uygulama • Girişim 1 grubu (n=32): Helfer skin tap tekniği ile IM enjeksiyon uygulaması • Girişim 2 grubu (n=32): Buzzy uygulaması ile IM enjeksiyon uygulaması	• Wong & Baker Ağrı Ölçeği • Çocuk Korku Ölçeği	Çocukların değerlendirmesine göre Buzzy uygulamasının ağrı düzeyi Helfer Skin Tap ve kontrol grubundan daha düşüktür. Ebeveyn ve hemşire değerlendirmesine göre Buzzy ve Helfer Skin Tap grubunun ağrı düzeyi kontrol grubundan daha düşüktür ($p<0.05$). Tüm değerlendiricilere göre Buzzy ve Helfer Skin Tap grubunun korku düzeyi kontrol grubundan daha düşüktür ($p<0.05$).
Düzkaya et al. (2024b)	Çocuk acil kliniğinde IM enjeksiyon sırasında Helfer skin tap tekniği ve ShotBlocker uygulamasının ağrı ve korku üzerine etkisini incelemek	RKÇ (n=177): 6-12 yaş çocuklar • Kontrol grubu (n=59): Rutin uygulama • Girişim 1 grubu (n=59): Helfer skin tap tekniği ile IM enjeksiyon uygulaması • Girişim 2 grubu (n=59): ShotBlocker aracı ile IM enjeksiyon uygulaması	• Wong & Baker Ağrı Ölçeği • Çocuk Korku Ölçeği	Çocuk, ebeveyn ve hemşire değerlendirmesine göre ShotBlocker grubunun ağrı ve korku puanları, kontrol grubuna göre daha düşük bulunmuştur ($p < 0,05$). ShotBlocker, IM enjeksiyon alan çocuklarda ağrıyı azaltmada Helfer skin tap tekniğinden daha etkili bulunmuştur ($p<0.05$).

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Web of Sciense arama motoru aracılığıyla yapılan literatür taraması sonucunda çocuklarda intramüsküler enjeksiyon işlemi ile ilişkili ağrı yönetimine Helfer Skin Tap tekniğinin işlem ağrısı üzerine etkisini inceleyen 4 araştırma bulunmuştur. Bu çalışmaların tamamının randomize kontrollü çalışmalar olduğu belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre iki çalışmada çocuklarda intramüsküler enjeksiyon ağrısını azaltmada Helfer skin tap tekniğinin etkili olduğu bulunurken; diğer 2 çalışmada etkili olmadığı tespit edilmiştir. Nonfarmakolojik ağrı yönetimi tekniklerinden biri olan Helfer skin tap tekniğinin intramüsküler enjeksiyonda ağrı yönetiminde etkinliğine yönelik daha fazla kanıt elde etmek amacıyla farklı yaş grubu çocuklarda ve farklı klinik ortamlarda yapılacak daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. Hemşirelerin ve araştırmacıların çocuklarda intramüsküler enjeksiyon ağrı yönetiminde nonfarmakolojik, pratik ve maliyet etkin bir yöntem olan Helfer skin tap tekniğine odaklanması önerilir.

4. KAYNAKLAR

[1] Association of Paediatric Anaesthesia (APA) (2012). Good practice in postoperative and procedural pain management, 2nd edition. Pediatric Anesthesia, 22(1), 1–79. https:// doi.org/10.1111/j.1460-9592.2012.03838.x.

[2] Ballard, A., Khadra, C., Adler, S., Trottier, E. D., & Le May, S. (2019). Efficacy of the Buzzy device for pain management during needle-related procedures. The Clinical Journal of Pain, 35(6), 532–543. https://doi.org/10.1097/AJP.0000000000000690.

[3] Bhardwaj, Y., Nandan, L., & Devi, T. K. (2023). Effectiveness of helfer skin tap techique on pain reduction among children (0-5 years) receiving IM injection in pediatric unit. *International Journal of Research and Analytical Reviews, 10*(1), 436-444.

[4] ENA Clinical Practice Guideline Committee, & ENA Board of Directors Liaisons, Methodologist, Staff Liaisons, Administrative Staff (2019). Clinical Practice Guideline: Needle-related or minor procedural pain in pediatric patients. Journal of Emergency Nursing, 45(4). https://doi.org/10.1016/j.jen.2019.05.015 437.e1–437.e32.

[5] Farion, K. J., Splinter, K. L., Newhook, K., Gaboury, I., & Splinter, W. M. (2008). The effect of vapocoolant spray on paindue to intravenous cannulation in children: A randomized controlled trial. CMAJ, 179(1), 31–36. https://doi.org/10.1503/cmaj.070874.

[6] Ghodsi, Y., Mahmoodi, N., Abbasi, A., Payandeh, A., & Ghaljaei, F. (2020). Investigating the effect of vibration on the reduction of blood sampling pain from heel (lance) in preterm neonates: A clinical trial study. Pediatric Anesthesia and Critical Care Journal, 8(2), 73–79.

[7] Güven, Ş. D., & Çakırer Çalbayram, N. (2023). The effect of Helfer skin tap technique on hepatitis B vaccine intramuscular injection pain in neonates: A randomized controlled trial. Explore, 19(2), 238–242.

[8] Helfer, J.K. (2000). Painless Injections: Helfer Skin Tap Technique. Nurse Educator, 25(6), 272-273.

[9] International Association for the Study of Pain. (2017). IASP terminology. International Association for the Study of Pain. https://www.iasppain.org/Education/Content.aspx?ItemNumber=1698#Pain

[10] Kurt, A., Dinç, F., & Akkoç, B. (2024). Effect of the Helfer skin tap technique on pain, anxiety, and fear in children undergoing intramuscular injection: An open-label randomized controlled study. Archives de pediatrie : organe officiel de la Societe francaise de pediatrie, 31(2), 148–154. https://doi.org/10.1016/j.arcped.2023.10.008

[11] Meera, P., Yogesh, K., & Gurneet, K. (2019). A study to assess the effectiveness of Helfer skin tap technique during immunization in infants in selected hospital and Anganwadiof Ambala, Haryana. Int. J. Health Sci. Res, 9(1):95–103.

[12] Melzack, R., & Wall, P. D. (1965). Pain mechanisms: A new theory. Science, 150(3699), 971–979. https://doi.org/10.1126/science.150.3699.971.

[13] Mohamed, S., Boshra Shehata, H., & Farouk Abolwafa, N. (2021). Effect of helfer skin tap technique on reducing pain levels among newborn receiving hepatitis b-vaccine. Egyptian Journal of Health Care, 12(2), 1550-1561.

[14] Negi, P. (2019). Effectiveness of Helfer skin tap technique on pain reduction during intramuscular injection among infants. Int J Adv Res Develop,4(3), 34–39.

[15] Sönmez Düzkaya, D., Karakul, A., Akoy, İ., & Andi, S. (2024). Effects of ShotBlocker® and the Helfer skin tap technique on pain and fear experienced during intramuscular injection among children aged 6-12 years in pediatric emergency units: A randomized controlled trial. International emergency nursing, 76, 101502. https://doi.org/10.1016/j.ienj.2024.101502

[16] Sönmez Düzkaya, D., Uysal, G., Şiktaş, Ö., Karakul, A., & Açikgöz, A. (2024). Effects of the Helfer skin tap technique and Buzzy® application on the levels of pain and fear experienced by children during vaccination: A randomized controlled trial. Journal of pediatric nursing, 79, e278–e284. https://doi.org/10.1016/j.pedn.2024.10.037

[17] Tork, H.M. (2017). Comparison of the effectiveness of buzzy, distracting cards and balloon inflating on mitigating pain and anxiety during venipuncture in a pediatric emergency department. Am J Nurs Sci, 6, 26-32.

[18] Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. Scientometrics, 84(2), 523–538.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

NURSING STUDENTS' KNOWLEDGE AND AWARENESS OF SHAKEN BABY SYNDROME: A DESCRIPTIVE AND CROSS-SECTIONAL STUDY

Tuğba ÖZTÜRK
Şar Hospital, tugba.oztrk53@gmail.com, 0009-0001-7431-6791
Assist. Prof. Dr. Gamzegül ALTAY
Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Health Sciences, Child Health and Disease Nursing Department, gamzegulaltay25@gmail.com, 0000-0002-4895-5338

ABSTRACT

This study was conducted as a descriptive and cross-sectional study to determine nursing students' knowledge and awareness of Shaken Baby Syndrome (SBS).

The sample consisted of 196 undergraduate students actively enrolled in the nursing department of the Faculty of Health Sciences at a state university during the 2024-2025 academic year. Data were collected through face-to-face interviews using the "Introductory Information Form" and the "Shaken Baby Syndrome Knowledge and Awareness Questionnaire."

The mean age of the nursing students was 21.61±1.39. It was determined that 69.4% of the students had not received information about SBS, 82.7% wanted additional information, 53.6% felt inadequate in diagnosing SBS, and 52% felt inadequate in knowing what to do when encountering SBS. 94.9% of the students believe that the nursing curriculum should include course content on SBS. A significant proportion of nursing students (94.4%) are aware that violent shaking of a baby can cause serious harm and even pose a risk of death (86.7%). Their awareness of the potential consequences of violent shaking, such as permanent blindness (70.9%), posture disorders (92.3%), sleep disorders (91.8%), bone fractures (93.9%), and seizures (94.9%), was found to be quite high.

In conclusion, it was determined that a significant proportion of nursing students felt inadequate regarding SBS, and a large proportion had not received information on this subject and wanted additional information. In contrast, it was observed that students' awareness of the harms of violent shaking was high. In light of these findings, it is recommended that comprehensive educational content on SBS be added to nursing curricula and that seminars, practical training, and awareness-raising activities be organized to increase students' knowledge levels.

Keywords: Shaken baby syndrome, nursing student, knowledge, awareness.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

1. INTRODUCTION

Shaken baby syndrome (SBS) is the most common form of maltreatment that occurs as a result of child abuse and causes death or severe brain damage in infants with shaking. SBS is a serious subgroup of physical abuse with negative consequences ranging from mild and temporary injuries to serious and permanent damage that can result in death (Gutierrez et al., 2004). These injuries can be caused by a parent or any individual who cares for the infant shaking the infant violently, either intentionally or unintentionally. The reasons why the individual shakes the baby usually include getting angry because the baby continues to cry, losing control, and being tired and sleepless in the postpartum period (İnce et al., 2014; Reith et al., 2016). The brain, eye and musculoskeletal system are affected as a result of such severe shaking of the baby. A previously completely healthy baby may come to the hospital for reasons such as malnutrition, vomiting, respiratory distress, seizures, restlessness, tendency to sleep, changes in level of consciousness, and retinal hemorrhages (Deleş, B. 2018; İnce et al., 2014; Şahin & Taşar, 2012).

When the literature was examined, in the study in which nursing students' awareness of child neglect and abuse was examined, it was determined that students' awareness was at an insufficient level (Pehlivan & Turan, 2016). In another study, nursing students' awareness of child neglect and abuse was examined and it was determined to be at a good level (Özçevik et al., 2018). In the study conducted by Tonkuş et al. (2024), it was determined that nursing students had difficulty in the process of diagnosing child abuse and neglect cases. In the international literature, as a result of the study examining nursing students' awareness of shaken baby syndrome, it was determined that not all students were aware of SBS (Alabdullah et al., 2024).

Nursing students have ongoing relationships with patients, families and caregivers at all levels of health care. This group plays an important role in providing care and raising public awareness of health issues, so it is crucial that they have knowledge about SBS and its negative consequences. Nursing students should have adequate awareness, a clear understanding and up-to-date knowledge about SBS and its associated risks. Therefore, this study aimed to determine the knowledge and awareness of nursing students about SBS.

2. METHOD

Type of Study

This study is descriptive and cross-sectional.

Place of the Study

The study was conducted with 2nd, 3rd and 4th year nursing students studying at a state university in the Northeast of Turkey.

Population/Sample of the Study

The population of the study consisted of 313 undergraduate students actively studying in the nursing department of the Faculty of Health Sciences of a state university in the 2024-2025 academic year. The inclusion criteria were 2nd, 3rd and 4th year nursing students who volunteered to participate in the study. In this study, no sample selection was made and the entire population was tried to be reached. The study was completed with 196 nursing students.

Data Collection Tools

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Introductory Information Form

This form was prepared by the researchers in line with the literature and consists of 11 questions including the demographic characteristics of the participants (age, gender, class, etc.) and their level of knowledge about shaken baby syndrome (Alabdullah et al., 2024; Pehlivan & Turan, 2016; Tonkuş et al., 2024).

Shaken Baby Syndrome Knowledge and Awareness Questionnaire

The shaken baby syndrome knowledge and awareness questionnaire was created by the researchers by reviewing the relevant literature (Alabdullah et al., 2024; Bilgiç & Özşahin, 2015; Pehlivan & Turan, 2016). In the questionnaire form, there are a total of 12 questions evaluating nursing students' knowledge and awareness of shaken baby syndrome. Each question includes yes-no (1 = Yes, 0 = No) answers. The participant can get at least 0 and at most 12 points from the questionnaire. The higher the score obtained from the questionnaire, the higher the level of knowledge and awareness of nursing students about shaken baby syndrome.

Data Collection

The data were collected by the researchers using face-to-face data collection method. Written questionnaire forms were given to nursing students studying at the Faculty of Health Sciences, and students who completed the questionnaire form and agreed to participate in the study after giving consent to the informed consent form were included in the sample.

Data Analysıs

IBM SPSS Statistics 23 package was used to analyze the research data. Data were presented as frequency, percentage, minimum, maximum values and standard deviation. Differences between two independent groups were analyzed by Mann Whitney U and differences between more than two independent groups were analyzed by Kruskal Wallis Analysis. Statistical significance level was accepted as $p<0.05$ in the analyzes.

Ethical Principles

Before starting the study, written permission (Date: 04.02.2025, Number: E-98295262-044-4072) and ethics committee approval (Date: 11.12.2024, Number: 2024/443) were obtained from the institution where the study was conducted. In addition, the participants were informed about the study, it was stated that their personal information would be protected and those who volunteered were included in the study. Ethical principles were adhered to throughout the study.

3. FINDINGS

The mean age of the participants was 21.61 ± 1.39 years. 82.1% of the students were female and 37.8% of them were studying in the 4th grade. It was determined that 56.6% of the nursing students' mothers were primary school graduates and 31.1% of their fathers were primary school graduates. 59.7% of the participants stated that their income was equivalent to their expenses.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Table 1. Descriptive Characteristics of Nursing Students and Characteristics Related to SBS (n = 196)

	Mean	***SD***
Age	21.61	1.39 (19-25)
SBS Knowledge and Awareness	8.66	1.56 (1-11)
Gender	***n***	***%***
Female	161	82.1
Male	35	17.9
Classroom		
2nd grade	62	31.6
3rd grade	60	30.6
4th grade	74	37.8
Mother's education level		
Primary school	111	56.6
Secondary school	39	19.9
High school	33	16.8
University and above	13	6.6
Father's education level		
Primary school	61	31.1
Secondary school	49	25.0
High school	55	28.1
University and above	31	15.8
Income level		
Income less than expenses	34	17.3
Income equal to expenses	117	59.7
Income more than expenses	45	23.0
Receiving information about SBS during education		
Yes	60	30.6
No	136	69.4
Requesting additional information about SBS		
Yes	162	82.7
No	34	17.3
Encountering a child who is a victim of SBS		
Yes	2	1.0
No	194	99.0
Level of competence on SBS identification		
Sufficient	29	14.8
Partially sufficient	62	31.6
Not sufficient	105	53.6
Level of competence on what to do in case of SBS		
Sufficient	27	13.8
Partially sufficient	67	34.2
Not sufficient	102	52.0

Regarding the information received about SBS during their education, it was observed that 69.4% of the students did not receive any information, whereas 82.7% of them wanted to

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

receive additional information about SBS. Almost all of the participants (99.0%) reported that they did not encounter a child who was a victim of SBS. Regarding the level of competence for SBS diagnosis, 53.6% of the students stated that they did not consider themselves sufficient, and 52% of the students stated that they did not consider themselves sufficient in the assessment of competence for what to do in case of SBS (Table 1).

Table 2. SBS knowledge and awareness of nursing students (n = 196)

	n	***%***
The presence of SBS in the nursing curriculum		
Yes	31	15.8
No	165	84.2
The necessity of having SBS in the nursing curriculum		
Yes	186	94.9
No	10	5.1
Knowledge about SBS from daily life		
Yes	24	12.2
No	172	87.8
The idea that shaking the baby is beneficial		
Yes	45	23.0
No	151	77.0
Severe shaking causes serious harm		
Yes	185	94.4
No	11	5.6
Severe shaking poses a risk of death		
Yes	170	86.7
No	26	13.3
Severe shaking causes permanent blindness		
Yes	139	70.9
No	57	29.1
Severe shaking causes posture disorders		
Yes	181	92.3
No	15	7.7
Severe shaking causes sleep disorders		
Yes	180	91.8
No	16	8.2
Severe shaking causes bone fractures		
Yes	184	93.9
No	12	6.1
Severe shaking causes convulsions		
Yes	186	94.9
No	10	5.1
The idea that SBS is preventable		
Yes	187	95.4
No	9	4.6

The majority of the participants (84.2%) stated that SBS was not included in the nursing curriculum, and the majority of the students (94.9%) reported that they thought SBS should be

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

included in the nursing curriculum. 87.8% of the participants stated that they did not obtain any information about SBS from daily life. In addition, a significant portion of the students (77.0%) disagreed with the idea that shaking the baby is beneficial.

When the awareness of the effects of vigorous shaking was evaluated, 94.4% of the students stated that vigorous shaking can cause serious harm, 86.7% stated that vigorous shaking can pose a risk of death, 70.9% stated that it can cause permanent blindness, 92.3% stated that it can cause posture disorders, 91.8% stated that it can cause sleep disorders, 93.9% stated that it can cause bone fractures and 94.9% stated that it can cause convulsions. 95.4% of the students reported that SBS is a preventable condition (Table 2).

Table 3. Comparison of SBS total score averages according to students' descriptive characteristics (n = 196)

	SBS Knowledge and Awareness Survey	**Test**
	$\bar{X}$**±*Sd***	
Gender		
Female	8.68 ± 0.12	MW-U = -0.039
Male	8.57 ± 0.28	p > 0.05
Classroom		
2nd grade	8.50 ± 0.16	KW = 5.268
3rd grade	8.78 ± 0.16	p > 0.05
4th grade	8.70 ± 0.22	
Receiving information about SBS during education		
Yes	9.10 ± 0.19	MW-U = -3.125
No	8.47 ± 0.13	**p < 0.05**
Requesting additional information about SBS		
Yes	8.74 ± 0.12	MW-U = -1.819
No	8.26 ± 0.28	p > 0.05
Level of competence on SBS identification		
Sufficient	9. 27 ± 0.20	KW = 6.631
Partially sufficient	8.62 ± 0.24	**p < 0.05**
Not sufficient	8.51 ± 0.13	
Level of competence on what to do in case of SBS		
Sufficient	8.85 ± 0.36	KW = 6.705
Partially sufficient	8.85 ± 0.19	**p < 0.05**
Not sufficient	8.49 ± 0.14	

Shaken Baby Syndrome (SBS) knowledge and awareness scores differed significantly according to whether the students received information about SBS during the education process; the scores of the students who received information were found to be higher ($p < 0.05$). In addition, a significant relationship was found between the participants' level of competence in recognizing SBS and their total scores; it was determined that the knowledge and awareness scores of the students who considered themselves competent were higher ($p < 0.05$). Similarly, as the perception of competence regarding what to do in case of SBS increased, the total scores

of the questionnaire increased significantly ($p < 0.05$). These results show that having knowledge about SBS and feeling competent increases the level of awareness (Table 3).

4. DISCUSSION AND CONCLUSION

The role of nurses and nursing students in educating parents and caregivers of young infants and children about shaken baby syndrome is reported to be multifactorial (Walls, 2006). Our findings show that nursing students did not receive information about shaken baby syndrome and the majority of them wanted to receive information. In a study conducted with Sudanese nursing students, it was reported that students were not aware of SBS through their nursing curriculum and were not aware of SBS at all during their academic journey (Alabdullah et al., 2024). When the results of the studies evaluating the knowledge level of mothers about SBS were examined, it was reported that most of the mothers had insufficient knowledge about SBS (Çataloluk & Alparslan, 2021). These findings show that the level of knowledge of parents and nursing students about SBS is insufficient.

Our findings show that nursing students have high awareness of violent shaking. Alabdullah et al. (2024) found that most nursing students were not aware of the negative consequences of shaking a baby. AlOmran et al. (2022) evaluated parents' awareness of SBS and concluded that 33.6% of them thought that shaking was harmful. In a study conducted with nurses, it was determined that although general awareness about SBS was widespread, practical knowledge and training were insufficient (Głowińska & Glowinski, 2025).

As a result, it was determined that a significant proportion of nursing students felt inadequate about SBS and a large proportion of them did not receive information about this subject and wanted to receive additional information. On the other hand, it was determined that the students had a high level of awareness about the harms of violent shaking. In line with these findings, it is recommended that a comprehensive training content about SBS should be added to nursing curricula and seminars, applied training and awareness studies should be organized to increase the knowledge level of students.

REFERENCES

Alabdullah, A. A. S., Ibrahim, H. K., Aljabal, R. N., Awaji, A. M., Al-Otaibi, B. A., Al-Enezi, F. M., Al-Qahtani, G. S., Al-Shahrani, H. H., & Al-Mutairi, R. S. (2024). Awareness of Shaken Baby Syndrome among Saudi Nursing Students: A Cross-Sectional Study. Healthcare, 12(12), 1203. https://doi.org/10.3390/healthcare12121203

AlOmran, H. I., AlKharaan, Z. I., AlDawsari, K. M., AlDakkan, O. Z., AlAtif, H. M., & Mohamed, M. Z. E. (2022). Parental awareness, knowledge, and attitude about shaken baby syndrome in Riyadh, Saudi Arabia: a cross-sectional study. The Pan African Medical Journal, 41, 327. https://doi.org/10.11604/pamj.2022.41.327.33708

Bilgiç, H., & Özşahin, A. (2015). Denizli il merkezindeki aile sağlığı merkezlerinde görev yapan ebe ve hemşirelerin çocuk istismarı ve ihmali konusundaki deneyimleri, bilgi ve farkındalık düzeyleri. (Uzmanlık Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Aile Hekimleri Anabilim Dalı).

Çataloluk, A., & Alparslan, Ö. (2021). Annelerin Sarsılmış Bebek Sendromu Hakkında Bilgi Düzeylerinin İncelenmesi. Ebelik ve Sağlık Bilimleri Dergisi, 4(2):119-127.

Deleş, B. (2018). Sarsılmış Bebek Sendromu. Izmir Democracy University Health Sciences Journal, 1(3), 1-13.

Głowińska, A., & Glowinski, S. (2025). Knowledge of Shaken Baby Syndrome Among Polish Nurses and Midwives: A Cross-Sectional National Survey. Children, 12(9), 1160. https://doi.org/10.3390/children12091160

Gutierrez, F. L., Clements, P. T., & Averill, J. (2004). Shaken baby syndrome: assessment, intervention, & prevention. Journal of Psychosocial Nursing and Mental Health Services, 42(12), 22–29. https://doi.org/10.3928/02793695-20041201-07

İnce, G., Dündar, N. O., Çavuşoğlu, D., & Dündar, B. N. (2014). Sarsılmış Bebek Sendromu. Tepecik Eğitim Hastanesi Dergisi, 24 (3): 177-180.

Özçevik, D., Güneş, Ö. D., & Ocakçı, A. F. (2018). Hemşirelik öğrencilerinin sosyo-kültürel ve demografik özelliklerinin çocuk istismarı ve ihmali farkındalığı ile ilişkisi. Ankara Sağlık Hizmetleri Dergisi, 17(2), 16-27.

Pehlivan, G. T., & Turan, T. (2016). Hemşirelik öğrencilerinin çocuk istismarı ve ihmali konusundaki farkındalık düzeylerinin belirlenmesi ve bu konuda verilen planlı eğitimin etkinliğinin değerlendirilmesi (Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü).

Reith, W., Yilmaz, U., & Kraus, C. (2016). Shaken-Baby-Syndrom. Der Radiologe, 56(5), 424-431. https://doi.org/10.1007/s00117-016-0106-x

Şahin, F., & Taşar, M. A. (2012). Sarsılmış bebek sendromu ve önleme programları. Türk Pediatri Arşivi, 47(3), 152-158.

Tonkuş, M. B., Aslan, M. T., & Kalın, Z. (2024). Hemşirelik Öğrencilerinin Çocuk İstismarı ve İhmaline İlişkin Farkındalık Düzeyleri. Genel Sağlık Bilimleri Dergisi, 6(2), 255-267.

Walls, C. (2006). Shaken baby syndrome education: a role for nurse practitioners working with families of small children. Journal of Pediatric Health Care, 20(5), 304-310.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

DOĞUM AĞRISI VE DOĞUMUN BİRİNCİ EVRESİNDE KANITA DAYALI UYGULAMALAR

Öğr. Gör. Serpil TOKER
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, serpil.toker@gop.edu.tr, 0000-0001-6809-6342
Dr. Öğr. Üyesi Gizem ÇITAK
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, gizem.citak@gop.edu.tr, 0000-0002-5484-2233
Prof. Dr. Özgür ALPARSLAN
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, ozgur.alparslan@gop.edu.tr, 0000-0002-2264-2886

ÖZET

Kanıt, doğruluğundan emin olunmayan veya bilinmeyen herhangi bir şeyin kesinliğinin veya gerekçelerinin ispatlanması veya çürütülmesi anlamına gelmektedir. Literatürde ise kanıt, araştırma sonuçları ile hipotezi doğrulayan bilgidir. Kanıt temelli araştırmalar, belirli bir konuda bir ya da birden çok değişkene dayanarak yürütülen sistematik çalışmalardır. Bu tür çalışmaların ortaya koyduğu bulgular, özellikle sağlık hizmetlerinde uygulanacak tedavilerin seçilmesi ve uygun bakımın planlanması açısından büyük önem taşır. Sağlık alanında kanıtlara dayalı bilginin kullanıldığı pek çok uygulama bulunmaktadır. Sağlık bakımının temel amacı ise mevcut kaynakları en verimli biçimde kullanarak toplumun ve bireyin fiziksel, çevresel ve psikososyal iyilik halini geliştirmektir.

Kanıta dayalı uygulamalar (KDU), hastaya en iyi bakımın nasıl verileceğini gösterir ve yaşam boyu devam eden bir süreçtir. KDU, sürekli araştırma yapmayı ve eğitim almayı gerektirir. Günümüzde bakım maliyetindeki artış, bakımın sadece %20'sinin kanıta dayalı olması, hastaların hatalı uygulama kaygısı, hastaların bilgi talebinde artış ve sağlık personeline güvenin azalması sağlık bakım uygulamalarının kanıta dayandırılmasını gerektirmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kanıta Dayalı Uygulamalar, Ebelik, Doğum Ağrısı

ABSTRACT

Evidence refers to the demonstration or refutation of the certainty or justification of anything whose accuracy is uncertain or unknown. In the literature, evidence is defined as information obtained from research results that confirm a hypothesis. Evidence-based research consists of systematic studies conducted on one or more variables concerning a specific topic. The findings of such studies are particularly important for selecting appropriate treatments and planning suitable care in healthcare settings. Numerous applications exist in the health field

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

where evidence-based knowledge is utilized. The primary aim of healthcare is to enhance the physical, environmental, and psychosocial well-being of individuals and communities by using available resources in the most efficient manner.

Evidence-based practice (EBP) guides healthcare professionals on how to provide optimal care and represents a lifelong process. EBP requires continuous research and ongoing education. Currently, the rising cost of care, the fact that only approximately 20% of care is evidence-based, patients' concerns about incorrect practices, increased patient demand for information, and decreasing trust in healthcare personnel underscore the necessity of grounding healthcare practices in evidence.

Keywords: Evidence-Based Practice, Midwifery, Labor Pain

KANITA DAYALI EBELİK

Sağlık alanında kanıta dayalı uygulamaların ilk olarak tıp ve hemşirelikte yaygınlaşmasıyla birlikte, bu yaklaşım zamanla tüm sağlık disiplinlerinde benimsenmeye başlanmıştır. Bu disiplinlerden biri de ebeliktir. Ebelik hem geleneksel bilgi birikimini hem de bilimsel verileri bünyesinde barındıran bir meslek olduğundan, kanıta dayalı uygulamalara en çok ihtiyaç duyan alanlardan biri olarak görülmektedir. Ebelerin prenatal, doğum ve postnatal dönemlerde gebe, anne ve yenidoğana sunduğu bakım hem anne hem de bebek sağlığı açısından kritik önem taşımaktadır. Fizyolojik bir süreç olan doğum eyleminde, bilimsel kanıtlarla desteklenen ve kadının doğasına uygun uygulamalara duyulan gereksinim açıktır. Bu hassas dönemlerde bakımın kanıta dayandırılması; ebelik uygulamalarının etkinliğini artırmakta, sağlık sistemi üzerindeki mali yükü azaltmakta ve bakım alan bireyler için daha güvenli bir süreç sunmaktadır (Serçekuş ve İşbir, 2012; Yaşar, Aydın ve Gençtürk, 2019).

Doğum öncesi dönem, ebenin mesleki sorumlulukları açısından kritik bir süreçtir. Bu dönemde verilen eğitimler, hem doğumun seyrini etkileyebilmekte hem de gebeyi ve eşini anne-baba rolüne hazırlamada önemli bir rol oynamaktadır. Etkili doğum öncesi eğitimler, ailelerin bebek bakımıyla ilgili pek çok sorusunu yanıtlamalarına yardımcı olmaktadır. Tarihsel olarak yaygın bir yöntem olan Lamaze Felsefesine dayalı doğuma hazırlık eğitimi, doğuma ve doğum sürecine bakış açısını olumlu yönde değiştirmekte önemli faydalar sağlamaktadır. Bu eğitimin temel amacı, gebeyi hem bedensel hem de duygusal olarak bilinçli bir şekilde doğuma hazırlamaktır. Kanıta dayalı araştırmalar, bu eğitimlerin büyük oranda başarılı olduğunu ortaya koymaktadır (Coşar & Demirci, 2012; Yaşar, Aydın & Gençtürk, 2019).

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Ebeler, doğum sürecine yönelik bakım ve tedavinin planlanmasında kritik bir rol üstlenmektedir. Bu nedenle, uygulamalarının kanıta dayalı olup olmadığını göz önünde bulundurarak hareket etmeleri, rutin bakım anlayışından uzaklaşıp mesleğin felsefesinde yer alan birey merkezli bakımı geliştirmelerini sağlar. Böylece, hem bireysel ve durumsal önyargılardan arınarak sunulan hizmetin kalitesini artırırlar hem de doğum sürecindeki kadına gerekli bilgiyi vererek bilinçli kararlar almasına destek olurlar (Yıldırım ve Şahin, 2003).

DOĞUM EYLEMİNİN BİRİNCİ EVRESİNDE KANITA DAYALI UYGULAMALAR

Kanıt temelli uygulamalar, ebeler için önemli bir rehber niteliği taşımaktadır. Bu uygulamalar, sağlık bakım kalitesinin yükseltilmesine katkıda bulunur, hata oranlarını azaltır, sağlık hizmetlerinin maliyetlerini düşürür, hasta memnuniyetini artırır ve hastalardan daha iyi sağlık bakım sonuçları elde edilmesini sağlar. Ayrıca bakım süreçlerinin standardize edilmesine, sağlık profesyonellerinin güncel bilgiye sahip olmasına, klinik kararların iyileştirilmesine ve uygulama sürecinin hızlanmasına olanak tanıdığı için büyük bir öneme sahiptir (Şen, 2021).

KANITA DAYALI UYGULAMALAR VE ÜLKEMİZDE KULLANILABİLİRLİĞİ

Evde yapılan doğumlar ile hastanede yapılan doğumlar kıyaslandığında; evde gerçekleşen doğumlarda daha az komplikasyon ve müdahale gerçekleşmektedir. Buna rağmen ülkemize gebeler doğum için hastaneye yönlendirilmektedirler. Kanıta Dayalı Uygulamalar ebe liderliğinde doğumların sezaryen doğumlarını azalttığı belirtilse de ülkemizde özel hastanelerde doğum eylemi halen doktor kontrolünde gerçekleşmektedir. Doğum da riski olmayan gebelere kanıta dayalı uygulamalara göre önerilirken bizim ülkemizde doğum eylemi başlamış olan gebenin oral kısıtlanmaktadır. Kanıt temelli uygulamalarda lavman rutin önerilmemesine rağmen halen rutin uygulamalarımızda lavman yer almaktadır. Doğum ağrısının yönetiminde non-farmakolojik yöntemler kanıta dayalı başarılı bulunsalar da özerk ebelik bakımı olarak bu bakım hizmetlerini vermek yerine ebeler tarafından hekime bağlı medikal tedaviyi uygulanmaktadır.

Bütün bu uygulamalar sağlık personelinin kendi iş yükünü azaltmak ve zamandan tasarruf yapmak, kendini garantiye alma düşünceleri neden ile devam ettirilmektedir.

Doğumun Yapıldığı Yer

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Miller ve Skinner'in Yeni Zelanda'da yaptığı çalışmada (2012) bir kısmı evde doğum yapan, bir kısmı hastanede doğum yapan iki grup kadın karşılaştırılmıştır. Hastanede doğumu planlanan kadınların daha çok farmakolojik ağrı yönetimi ve daha fazla obstetrik müdahale yaşadığı, postpartum kanama risklerinin daha yüksek olduğu ve evde doğumu planlanan kadınlara göre daha az spontan vajinal doğum gerçekleştirebildikleri belirtilmiştir (Miller ve Skinner, 2012).

De Jonge ve arkadaşlarının Hollanda'da yürüttüğü ve 146.752 kadını kapsayan geniş ölçekli kohort çalışmasında, düşük riskli gebelerde planlı evde doğum ile hastanede doğum karşılaştırılmıştır. Çalışmaya katılan kadınların %62,9'unun planlı evde, %37,1'inin ise hastanede doğum yaptığı bildirilmiştir. Bulgular, planlı evde doğum yapanlarda doğum sonrası kanama, plasentanın manuel çıkarılması ile ani gelişen maternal mortalite ve morbidite oranlarının daha düşük olduğunu göstermiştir. Ayrıca, düşük riskli gebelerde planlı evde doğumun ciddi maternal komplikasyon riskini artırdığına dair bir kanıt bulunmamıştır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, sağlıklı gebeler için hem hastanede hem de planlı evde doğumun önerilebilmesi yönünde güçlü ve kesin kanıtların henüz yeterli olmadığı belirtilmektedir (De Jonge ve ark., 2013).

Ev Ortamı Hazırlayan Doğum Merkezleri

Cochrane sistematik incelemesinde, Hodnett ve ark., (2012) tarafından ev ortamlı doğum merkezlerinde gerçekleşen doğumlar ile hastane doğumları karşılaştırılmıştır. Çalışmada 11795 kadını kapsayan on çalışmanın değerlendirilmiş, ev ortamı hazırlayan merkezlerde gerçekleşen doğum eylemlerinde; doğum sırasında analjezi, epidural anestezi, oksitosin, epizyotomi ve müdahaleli doğum oranlarının azaldığı, spontan vajinal doğumun ve verilen bakıma yönelik memnuniyetin arttığı, emzirmenin doğum sonu daha erken başlatıldığı belirtilmiştir (Hodnett ve ark., 2012)

Ebe Yönetiminde Doğum

Sandall ve arkadaşlarının 2016'da 17.674 kadını kapsayan 15 araştırmanın derlendiği çalışmada ebe liderliğindeki doğumlarda bölgesel analjezi, müdahaleli vajinal doğum, preterm doğum, 24 haftadan önce ve sonra tüm fetal kayıpların ve neonatal ölümlerin daha az olduğu belirtilmektedir. Ebe liderliğindeki doğumlarda spontan vajinal doğum oranları daha fazla görülmüştür. Sezaryen doğum ve perine yaralanmaları konusunda gruplar arasında farklılık bulunmamıştır. Epizyotomi ve amniotomi ebe liderliğindeki doğumlarda daha az görüldüğü belirtilmiştir. Aynı zamanda postpartum dönemde daha az analjezi kullanıldığı ve laborun

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

daha az uzadığı ifade edilmektedir. İndüksiyon kullanımı, antenatal hospitalizasyon, antepartum kanama, postpartum kanama, opiod analjezi, perineal laserasyonlarda sütur gereksinimi, emzirmenin başlangıcı, düşük doğum ağırlıklı infant, 5. ve 7. dakikadaki APGAR skoru, özel bakım gerektiren yenidoğan oranlarında gruplar arasında farklılık gözlenmemiştir.

Hastaneye Kabul

Creedon ve arkadaşları tarafından hazırlanan *"Doğumun Yönetimi"* rehberinde, doğum eyleminin başlangıcının belirlenmesinde gebenin doğumhaneye kabulü sırasında yapılan değerlendirmenin kritik öneme sahip olduğu vurgulanmaktadır (Creedon ve ark., 2013). Rehbere göre, eğer gebede her on beş dakikada en az iki kontraksiyon gözleniyorsa ve bunlara ek olarak aşağıdaki durumlardan en az ikisi mevcutsa, doğum eyleminin başladığı kabul edilir: servikal efasmanın tamamlanması, servikal dilatasyonun 3 cm veya daha fazla olması, diğer servikal değişiklikler ve spontan membran rüptürü. Bu kriterler, gebe başvurularında doğumhaneye kabul kararının güvenilir bir şekilde verilmesi için temel alınmaktadır (Creedon ve ark., 2013).

DOĞUM EYLEMİNİN BİRİNCİ EVRESİNDE YAPILAN GİRİŞİMLER

Oksitosin Uygulaması

Cochrane sistematik incelemesine dahil edilen sekiz çalışma, toplam 1138 düşük riskli gebeyi kapsamaktadır. Bu çalışmalarda, yavaş ilerleyen doğum eyleminin birinci evresinde oksitosinin erken uygulanmasının doğum süresini yaklaşık iki saat kısalttığı bildirilmiştir. Bununla birlikte, sezaryen ve müdahaleli vajinal doğum oranlarında belirgin bir farklılık gözlenmemiştir (Bugg ve ark., 2013).

Oksitosinin başlangıç, artırma ve yüksek doz uygulamalarının maternal ve neonatal sonuçlara etkisini inceleyen Cochrane sistematik derlemesinde, yüksek doz (≥4 mU/dk) ile düşük doz (<4 mU/dk) oksitosin uygulamaları arasında vajinal doğum oranı, epidural analjezi kullanımı, postpartum kanama, koryoamnionit görülme sıklığı ve kadınların deneyimlerine ilişkin değerlendirmeler açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamıştır. Neonatal sonuçlar incelendiğinde de Apgar skorları, umbilikal kord pH değerleri, yenidoğan yoğun bakıma yatış ve neonatal mortalite oranları bakımından gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmadığı rapor edilmiştir (Kenyon ve ark., 2013). Sağlık bakım profesyonellerinin, komplikasyon riski düşük ve mümkün olduğunca travmasız bir doğum süreci sağlamak

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

amacıyla gebeyi dikkatle değerlendirmesi büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda, indüksiyon uygulamasına ilişkin endikasyon ve kontrendikasyonların da yeniden gözden geçirilmesi gerekmektedir (Demirel ve Çelik, 2013).

Prostaglandin Uygulaması

Toplam 10.441 kadını içeren Cochrane sistematik derlemesinde, vajinal yolla uygulanan prostaglandinlerin doğum indüksiyonunda etkili olduğu, oksitosin ihtiyacını azalttığı ve 24 saat içinde vajinal doğumun gerçekleşmesine katkı sağladığı bildirilmiştir. Bununla birlikte, sezaryen oranlarına ilişkin mevcut kanıtların yetersiz olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca, sürekli salınım sağlayan peser formundaki prostaglandinlerin, vajinal jel ve tablet türlerine kıyasla daha az müdahale gereksinimiyle vajinal doğumu desteklediği belirtilmiştir (Kelly, 2009). Plasebo ile karşılaştırıldığında, vajinal jel formundaki prostaglandinlerin fetal kalp hızı değişiklikleri ve hiperstimülasyon riskini artırdığı bildirilmiştir. Ayrıca, bazı çalışmalar oral prostaglandin kullanımının doğum eylemini başlatmada vajinal uygulamalara kıyasla daha güvenli olabileceğini göstermektedir; ancak bu konuda mevcut verilerin sınırlı olduğu vurgulanmaktadır (Başgöl ve Kızılkaya Beji, 2015).

Amniotomi

Karakoç ve arkadaşlarının 2020 yılında gerçekleştirdiği retrospektif analizde, amniyotomi uygulaması ile analjezik kullanımı (p=0,007) ve hastanede kalış süresi (p=0,007) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Ancak amniyotomi ile doğum şekli, oksitosin ve epizyotomi uygulanması, laserasyon gelişimi ve yenidoğan yoğun bakım gereksinimi arasında anlamlı bir ilişkinin bulunmadığı rapor edilmiştir. Doğum eyleminin süreleri karşılaştırıldığında ise, amniyotominin latent, aktif ve ikinci evre sürelerinde anlamlı bir değişikliğe yol açmadığı saptanmıştır. Çalışmanın genel bulguları, amniyotominin doğum eylemini kısaltmadığını; buna karşın analjezi kullanımını ve hastanede kalış süresini artırdığını, doğum şekli ve diğer obstetrik müdahaleler üzerinde ise belirgin bir etkisinin olmadığını göstermektedir. Bu sonuçlar doğrultusunda, eylem sürelerinde anlamlı bir farklılık yaratmaması nedeniyle amniyotomi uygulamasının gereksiz olabileceği ve mevcut kanıtlara dayanmadığı ifade edilmektedir (Karakoç ve ark., 2020).

Amniyotominin, kadınlarda doğum ağrısını artırdığı ancak doğum süreci üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı saptanmıştır. Bu nedenle, standart doğum eylemi yönetiminde rutin amniyotomi uygulamasının önerilmediği belirtilmektedir (Başgöl ve Kızılkaya Beji, 2015).

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

DOĞUM EYLEMİNİN BİRİNCİ EVRESİNDE BAKIM

Beslenme

Cochrane sistematik incelemesinde Singata ve ark., (2013) yürüttüğü çalışmada, doğum eylemi sırasında oral alımın kısıtlanmasının yarar ve zararları değerlendirilmiş; yalnızca su tüketen, yalnızca karbonhidratlı içecek alan ve hem sıvı hem de katı gıda tüketen gebeler karşılaştırılmıştır. Komplikasyon riski düşük gebelerde oral alımın kısıtlanmasının gerekli olmadığı belirtilmiş; sezaryen oranları, müdahaleli vajinal doğum sıklığı ve beş dakika Apgar skorunun yedi ve altında olma oranları açısından gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmadığı rapor edilmiştir (Singata ve ark., 2013). Amerikan Obstetrisyen ve Jinekologlar Birliği (ACOG), komplikasyon görülmeyen gebelerin doğum sürecinde berrak ve tanesiz sıvıları ağızdan alabileceğini, ancak çorba gibi partikül içeren sıvılardan uzak durmaları gerektiğini belirtmektedir. Sezaryen planlanan ve ek bir sağlık sorunu bulunmayan gebeler de anestezi uygulanmadan yaklaşık iki saat öncesine kadar berrak sıvıları tüketebilir. Bununla birlikte, aspirasyon riski yüksek olan (örneğin obezite veya diyabeti bulunan) ya da müdahaleli doğum olasılığı artmış gebelerde, oral sıvı alımının sınırlandırılması önerilmektedir (ACOG, 2024).

İntravenöz Sıvı Alımı

Gebenin hidrasyonunu desteklemek amacıyla kullanılan intravenöz sıvıların türü, miktarı ve uygulama protokolüne yönelik net bir öneri bulunmamaktadır. Bununla birlikte, oral sıvı alımına izin verilen gebelerin çoğunun gereksinim duydukları hidrasyonu ağızdan karşılayabildikleri belirtilmektedir.

Dokuz randomize kontrollü çalışmayı ve toplam 1781 düşük riskli gebeyi içeren Cochrane sistematik incelemesinde, oral alımı sınırlandırılan gebelere uygulanan rutin intravenöz sıvı tedavisinin doğum süresini kısaltabileceği bildirilmektedir. İncelemede, gebe kadınlara saatte 250 mL Ringer laktat veya normal salin verilmesinin, saatte 125 mL uygulananlara kıyasla doğum süresini ortalama 105,61 dakika azaltığı ve sezaryen oranlarında düşüş sağladığı gösterilmiştir. Öte yandan, dextroz içeren solüsyonların maternal ve neonatal sodyum düzeylerinde azalmaya yol açarak hiponatremi riskini artırdığı vurgulanmıştır. Bununla birlikte, mevcut çalışmaların sayısının sınırlı olduğu ve daha kapsamlı araştırmalara ihtiyaç duyulduğu ifade edilmiştir (Dawood ve ark., 2013).

Imran ve arkadaşlarının yaptıkları sistematik derleme ve meta analizde, doğum eylemi sırasında nullipar kadınlarda 250 mL/saatlik daha yüksek bir IV sıvı infüzyon hızının

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

sezaryen oranını azalttığını ve vajinal doğum oranını artırdığını göstermektedir. Ayrıca, bu yüksek infüzyon hızı doğumun birinci ve ikinci evrelerinin süresini kısaltmakta ve uzamış doğum insidansını azaltmaktadır. Dahası, daha yüksek IV infüzyon hızının olumsuz neonatal veya maternal komplikasyonları artırmadığı görülmüştür (Imran ve ark., 2024).

Lavman

Cochrane sistematik incelemesinde, 1917 kadını içeren dört randomize kontrollü çalışmanın sonuçları doğumun birinci evresinde rutin lavman uygulamasının etkilerini incelemek amacıyla değerlendirilmiştir. Analizler, lavman yapılan ve yapılmayan kadınlar arasında perineal laserasyon enfeksiyonu, neonatal enfeksiyon, doğum süresi ve kadın memnuniyeti bakımından anlamlı bir fark bulunmadığını ortaya koymuştur. Ayrıca, rahatsızlık ve ağrıya neden olabilen bu uygulamanın rutinde kullanılmasının klinik açıdan gerekli olmadığı belirtilmektedir (Reveiz ve ark., 2013).

Perine Traşı

Cochrane veri tabanında yer alan ve üç çalışmadan oluşan, toplam 1039 kadını kapsayan değerlendirmede; doğum öncesi rutin perine traşı uygulamasının anne ve bebek sağlığı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bulgular, perinede yara enfeksiyonu veya yara ayrılması, neonatal enfeksiyon, maternal memnuniyet ve perineal travma açısından traş uygulanan ve uygulanmayan kadınlar arasında anlamlı bir fark olmadığını göstermiştir. Ayrıca, incelenen çalışmalardan birinde perine traşının kaşıntı, kızarıklık ve yanma gibi istenmeyen yan etkilere yol açtığı da bildirilmiştir. Mevcut kanıtlar doğrultusunda, rutin perine traşı uygulamasının belirgin bir yarar sağlamadığı ve bu nedenle önerilmediği belirtilmektedir (Basevi ve Lavender, 2014).

Mobilizasyon ve pozisyon

Cochrane sistematik incelemesinde yer alan 25 çalışmada, toplam 52.108 kadının verileri incelenmiş ve doğumun birinci evresinde yürüyüş, ayakta durma veya diğer dik pozisyonlarda olmanın, yatay pozisyonlara kıyasla doğum süresini ortalama 1 saat 20 dakika kısalttığı ortaya konmuştur. Ayrıca, bu pozisyonların sezaryen oranlarında ve epidural analjezi ihtiyacında azalma sağladığı bildirilmiştir. İnceleme sonucunda, söz konusu dik pozisyonların anne ve yenidoğan açısından herhangi bir olumsuz etki oluşturmadığı da vurgulanmıştır (Hofmeyr ve ark., 2013).

Bu doğrultuda, sağlık profesyonellerinin doğum yapan kadınları dik pozisyonun ve hareket etmenin faydaları konusunda bilgilendirmeleri ve bu davranışları teşvik etmeleri

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

önerilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü de, kadınların doğum boyunca kendilerini en rahat hissettikleri pozisyonları seçmelerine izin verilmesini ve hareket özgürlüğünün sağlanmasını, ayrıca dik pozisyonların desteklenmesini önermektedir (Başgöl ve Kızılkaya Beji, 2015).

Klorheksidin ile Vaginal Temizlik

Geniş spektrumlu bir antiseptik olan klorheksidin, vajinal temizlik amacıyla yaygın olarak kullanılmasına rağmen, bu uygulamanın etkinliğini değerlendiren sistematik incelemelerde maternal ve neonatal enfeksiyonları azaltmaya yönelik herhangi bir kanıt bulunmamıştır. Klorheksidinin korioamnionit, endometrit ya da neonatal sepsisi önlemede anlamlı bir fayda sağlamadığı belirtilmektedir. Mevcut çalışmaların sayıca ve nitelikçe yetersiz olduğu ve özellikle kullanılan klorheksidin miktarını da dikkate alan daha kapsamlı araştırmalara ihtiyaç duyulduğu vurgulanmaktadır (Başgöl ve Kızılkaya Beji, 2015).

Ağrı Yönetimi

Günümüzde birçok kadın, doğum sürecindeki ağrı yönetiminde farmakolojik ya da invaziv yöntemler yerine masaj, pilates topu kullanımı, müzik terapisi, akupunktur ve aromaterapi gibi nonfarmakolojik uygulamalara yönelmektedir. Kanıt temelli Cochrane sistematik incelemesinde, farklı veri tabanlarından elde edilen çalışmalar ile önceki Cochrane incelemeleri yeniden gözden geçirilmiş ve bu yöntemlerin etkileri; “etkili”, “muhtemelen etkili” ve “kanıt yetersiz” olmak üzere üç ana başlık altında sınıflandırılmıştır (Başgöl ve Kızılkaya Beji, 2015).

“Etkili ağrı yönetimi” kapsamında; epidural, kombine spinal-epidural ve inhaler analjezi yöntemlerinin doğum ağrısını azaltmada başarılı olduğu, ancak bu uygulamaların bazı yan etkilere de yol açabildiği belirtilmektedir. Kombine spinal-epidural analjezinin, düşük doz veya geleneksel epidurallere kıyasla daha hızlı bir analjezik etki sağladığı fakat kaşıntı gibi istenmeyen etkilerle ilişkili olabildiği bildirilmiştir. İnhaler analjeziklerin ise bulantı, kusma ve baş dönmesi gibi şikâyetleri daha sık ortaya çıkarabildiği ifade edilmektedir. Epidural analjezi, plasebo ya da opioidlerle karşılaştırıldığında, fetal distres nedeniyle müdahaleli vajinal doğum ve sezaryen oranlarında artış gözlendiği belirtilmiştir. Ayrıca epidural uygulanan kadınlarda hipotansiyon, motor blok, ateş ve üriner retansiyon gibi yan etkilerin daha yaygın görülebildiği de vurgulanmıştır (Başgöl ve Kızılkaya Beji, 2015).

Ağrı yönetiminde “işe yarayabilir” olarak sınıflandırılan yöntemler arasında akupunktur, gevşeme/relaksasyon teknikleri, masaj, su içinde doğum desteği, lokal anestezik

uygulamaları ve non-opioid analjezikler yer almaktadır. Bu yaklaşımların, standart bakım ya da plaseboya kıyasla ağrıyı hafiflettiği ve kadınların doğum deneyiminden duydukları memnuniyeti artırdığı bildirilmektedir. Gevşeme ve relaksasyon uygulamalarının müdahalesiz vajinal doğum oranlarını artırdığı; akupunkturun ise hem müdahalesiz vajinal doğumu desteklediği hem de sezaryen oranlarında azalma ile ilişkili olabileceği ifade edilmiştir. Öte yandan, biofeedback, steril su enjeksiyonu, aromaterapi, müzik terapisi ve TENS gibi yöntemlere dair mevcut kanıtların kısıtlı olduğu ve etkinliklerini net olarak belirlemek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulduğu belirtilmektedir.

KAYNAKLAR

American College of Obstetricians and Gynecologists. First and second stage labor management. [Internet]. 2024 [cited 2025 Nov 30]. Available from: https://www.acog.org/clinical/clinical-guidance/clinical-practice-guideline/articles/2024/01/first-and-second-stage-labor-management?utm_source

Basevi V, Lavender T. Routine perineal shaving on admission in labour. Cochrane Database Syst Rev. 2014;(11):CD009351. doi:10.1002/14651858.CD009351.pub2

Başgöl Ş, Beji NK. Doğum eyleminin birinci evresinde sık yapılan uygulamalar ve kanıta dayalı yaklaşım. Düzce Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 2015;5(2):32–39.

Bugg GJ, Siddiqui F, Thornton JG. Oxytocin versus no treatment or delayed treatment for slow progress in the first stage of spontaneous labour. Cochrane Database Syst Rev. 2013;(6):CD007123. doi:10.1002/14651858.CD007123.pub2

Coşar F, Demirci N. Lamaze felsefesine dayalı doğuma hazırlık eğitiminin doğum algısı ve doğuma uyum sürecine etkisi. SDÜ Sağlık Enstitüsü Dergisi. 2012;3(1):18–30.

Creedon D, Akkerman D, Atwood L, Bates L, Harper C, Levin A, et al. Guideline.gov [Internet]. United States: Institute for Clinical Systems Improvement; 2013 [cited 2025 Nov 30]. Available from: http://www.guideline.gov/content.aspx?id=44346

Dawood F, Dowswell T, Quenby S. Intravenous fluids for reducing the duration of labour in low risk nulliparous women. Cochrane Database Syst Rev. 2013;(6):CD007123. doi:10.1002/14651858.CD007123.pub2

De Jonge A, Mesman JA, Manniën J, Zwart JJ, Van Dillen J, Van Roosmalen J. Severe adverse maternal outcomes among low risk women with planned home versus hospital births in the Netherlands: Nationwide cohort study. BMJ. 2013;346:f3263. doi:10.1136/bmj.f3263

Demirel G, Çelik DB. Doğal doğuma müdahale: Sentetik oksitosin kullanımı. Sted. 2013;22(4):157–64.

Er Güneri S. Postpartum erken dönem kanıta dayalı uygulamalar. Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi. 2015;4(3):482–96.

Hodnett ED, Downe S, Walsh D. Alternative versus conventional institutional settings for birth. Cochrane Database Syst Rev. 2012;(8):CD000012. doi:10.1002/14651858.CD000012

Hofmeyr GJ, Lewis L, Lawrence A, Styles C. Maternal positions and mobility during first stage labour. Cochrane Database Syst Rev. 2013;CD003934. doi:10.1002/14651858.CD003934

Imran M, Kamran A, Fakih N, Afyouni A, Naguib MM, Saleh AO, et al. Intravenous fluid rate of 250 mL/h versus 125 mL/h in nulliparous women: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Int J Gynecol Obstet. 2024;165(2):621–33. doi:10.1002/ijgo.17980

Karakoç H, Eriç J, Uçtu AK. Amniyotominin eylem süresi ve maternal-fetal sonuçlar üzerine etkisi: Retrospektif analiz. Acta Med Nicomedia. 2020;3(1):10–14.

Kelly AJ, Malik S, Smith L, Kavanagh J, Thomas J. Vaginal prostaglandin (PGE2 and PGF2a) for induction of labour at term. Cochrane Database Syst Rev. 2009;(4):CD003101. doi:10.1002/14651858.CD003101

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

NORMAL DOĞUM EYLEMİNİN İKİNCİ VE ÜCÜNCÜ EVRESİNDE KANITA DAYALI UYGULAMALAR

Öğr. Gör. Serpil TOKER

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, serpil.toker@gop.edu.tr, 0000-0001-6809-6342

Dr. Öğr. Üyesi Gizem ÇITAK

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, gizem.citak@gop.edu.tr, 0000-0002-5484-2233

Prof. Dr. Özgür ALPARSLAN

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, ozgur.alparslan@gop.edu.tr, 0000-0002-2264-2886

ÖZET

Anne ve bebek ölümlerinin yüksek seyrettiği dönemlerde, sağlığın korunması açısından kanıta dayalı uygulamaların önemi daha da belirginleşmektedir. Doğum eylemi fizyolojik bir süreç olmasına rağmen, gereksiz müdahaleler bu sürecin akışını bozarak çeşitli problemlere yol açabilmektedir. Günümüzde doğum bakımında hâlâ bazı rutin uygulamaların sürdürüldüğü görülse de, mevcut literatür doğum sürecinde kanıt temelli yaklaşımların uygulanmasına duyulan ihtiyacı açıkça ortaya koymaktadır.

Kanıt temelli uygulamalar, ebeler için önemli bir rehber niteliği taşımaktadır. Bu uygulamalar, sağlık bakım kalitesinin yükseltilmesine katkıda bulunur, hata oranlarını azaltır, sağlık hizmetlerinin maliyetlerini düşürür, hasta memnuniyetini artırır ve hastalardan daha iyi sağlık bakım sonuçları elde edilmesini sağlar. Ayrıca bakım süreçlerinin standardize edilmesine, sağlık profesyonellerinin güncel bilgiye sahip olmasına, klinik kararların iyileştirilmesine ve uygulama sürecinin hızlanmasına olanak tanıdığı için büyük bir öneme sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Kanıta Dayalı Uygulamalar, İkinci Evre, Üçüncü Evre, Ebelik

ABSTRACT

During periods when maternal and neonatal mortality rates are high, the importance of evidence-based practices for safeguarding health becomes even more pronounced. Although labor is a physiological process, unnecessary interventions can disrupt its natural course and lead to various complications. While certain routine practices continue to be employed in

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

contemporary childbirth care, the current literature clearly highlights the need for implementing evidence-based approaches throughout the labor process.

Evidence-based practices serve as an essential guide for midwives. These practices contribute to improving the quality of healthcare, reducing error rates, lowering healthcare costs, enhancing patient satisfaction, and achieving better health outcomes for patients. Furthermore, they play a crucial role in standardizing care processes, keeping healthcare professionals up to date with current knowledge, improving clinical decision-making, and accelerating the implementation of interventions.

Keywords: Evidence-Based Practice, Second Stage, Third Stage, Midwifery

DOĞUM EYLEMİNİN İKİNCİ EVRESİNDE KANITA DAYALI UYGULAMALAR

Ikınma

Lemos ve arkadaşlarının (2017) yaptığı sistematik incelemede, epidural analjezi varlığında veya yokluğunda spontan ıkınma ile yönlendirilmiş ıkınmayı karşılaştıran sekiz çalışma (884 kadın) ve epidural analjezi alan kadınlarda gecikmeli ıkınma ile hemen ıkınmayı karşılaştıran 13 çalışma (2879 kadın) olmak üzere toplam 21 çalışma değerlendirilmiştir.

Epidural analjezi uygulanan kadınlarda ıkınma hissi geciktiği için gecikmeli ıkınma tekniği daha sık tercih edilmektedir. Gecikmeli ıkınmanın ıkınma süresini yaklaşık 19 dakika kısalttığı ve spontan vajinal doğum oranını artırdığı bildirilmiştir. Ancak bu yöntem doğumun ikinci evresini ortalama 56 dakika uzatmakta ve bazı çalışmalarda düşük umbilikal kord pH riskinin arttığı belirtilmektedir. Buna karşın sezaryen, müdahaleli doğum, perineal yırtık, epizyotomi, yenidoğan yoğun bakıma kabul ve düşük Apgar skoru gibi sonuçlar açısından gecikmeli ve hemen ıkınma arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Maternal pelvik taban üzerine etkiler ise hâlâ net değildir.

Yönlendirilmiş ıkınmada kullanılan uzun süreli Valsalva Manevrası (≥10 saniye), fetal asit-baz dengesi, Apgar skorları ve serebral oksijenasyon üzerinde olumsuz etkilere yol açabileceği gibi, annenin yorgunluğunu artırabilir ve pelvik taban yapıları üzerinde zararlı etkilere neden olabilir. Buna karşılık spontan ıkınmanın fetusun daha kontrollü inmesine olanak sağladığı, perineal dokuların kademeli gerilmesini desteklediği ve daha az maternal yorgunluk ile daha iyi kord kan gaz değerleri sağladığı öne sürülmektedir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Mevcut kanıtların yetersizliği nedeniyle, ıkınma yöntemi ve zamanlaması konusunda tek bir yaklaşımı önermek mümkün değildir. Bu nedenle kadınlar, kendi rahatlıkları, tercihleri ve klinik durumlarına göre itmeye teşvik edilmelidir (Lemos ve ark., 2017).

Fundal Basınç

Hofmeyr ve arkadaşlarının (2017) yaptıkları sistematik incelemede 5 çalışma manuel fundus basıncı 4 çalışma ise şişirilebilir kemerle yapılan fundal basıncı fundal basınç yapılmaması ile karşılaştırmışlardır (3948 kadını içeren toplam 9 çalışma dahil edilmiştir).

Doğumun ikinci evresi sırasında şişirilebilir bir kemerle yapılan fundal basınç, hiç doğum yapmamış kadınlar için ikinci evrenin süresini kısaltabilir ve operatif doğum oranlarını düşürebilir. Bununla birlikte, mevcut çalışmalar küçüktür ve genellenebilirlikleri belirsizdir. Bebeğin güvenliği konusunda ve annenin bitkinlik veya bilinç kaybı nedeniyle dayanamaması gibi belirli klinik ortamlarda fundal basıncın kullanımına dair yeterli kanıt yoktur. El ile veya şişirilebilir kemer ile fundal basıncın yararlı veya zararlı etkileri hakkında sonuçlar çıkarmak için yeterli kanıt yoktur.

Pozisyon

Walker ve arkadaşlarının (2018) yaptıkları sistematik incelemeye 4464 kadının dahil olduğu, dik pozisyonlarla yaslanmış pozisyonları karşılaştıran sekiz randomize kontrollü çalışma dahil edilmiştir.

Son yıllarda 'yürüyen' veya 'mobil' epidural olarak da bilinen düşük dozlu teknikler popüler hale geldi. Düşük dozlar, kadınların doğum sırasında daha hareketli olmalarını sağlar ve dik pozisyon almalarını kolaylaştırır. Dik bir pozisyonun doğumu kolaylaştırabileceği öne sürülmüştür. Ancak epidural olmayan hastalarda yaslanmış pozisyonların müdahaleli doğumu artırmadan operatif doğum ve sezaryen ihtiyacını azaltabileceğini göstermektedir, bu nedenle mevcut kanıtlar, doğumun ikinci evresi sırasında yatay pozisyonun benimsenmesini desteklemektedir. Anneler, yaslanmış bir pozisyon benimseyerek doğum deneyimlerinden daha memnun olabilirler.

Opioid Kullanımı

Smith ve arkadaşlarının (2018) yaptıkları sistematik derlemede, opioidlerin plasebo, tedavi uygulanmaması, farklı uygulama yollarıyla verilen diğer opioidler ve lomber TENS ile karşılaştırıldığı 70 çalışma değerlendirilmiştir. Bunların 61'i 8000'in üzerinde kadından elde edilen veriler sunmuş olup toplamda 34 farklı karşılaştırma raporlanmıştır. Ancak birçok

karşılaştırma yalnızca tek bir çalışmadan elde edilen bulgulara dayandığı için sonuçların genellenebilirliği sınırlıdır.

Çalışmaların tamamı, 37–42 haftalık komplikasyonsuz gebeliklerde, hastane ortamında yürütülmüş olup; preeklampsi, mevcut tıbbi hastalıklar veya fetüs açısından riskli durumlar içeren çalışmalar kapsam dışı bırakılmıştır.

Opioidlerin analjezik etkinliği ve doğumda memnuniyet üzerindeki etkisine ilişkin kanıtların genel niteliği **düşük veya çok düşük** olarak değerlendirilmiştir. Bu durum, çalışma tasarımlarındaki metodolojik yetersizlikler, örneklem büyüklüklerinin karşılaştırma gücünü sınırlaması ve etki tahminlerindeki belirgin belirsizlikten kaynaklanmaktadır. Ayrıca karşılaştırmalar arasındaki yüksek heterojenite nedeniyle tüm karşılaştırmalar için GRADE sonuçlarını ayrıntılı biçimde sunmak mümkün olmamıştır.

Suda Doğum

Cluett ve arkadaşlarının (2018) yaptıkları sistematik incelemeye sekizi doğumun ilk aşamasını, ikisi doğumun ikinci aşamasını, dördü birinci ve ikinci aşamayı ve bir tanesinde birinci aşamada geç ve erken suda doğumu karşılaştırdıkları toplam 15 çalışma (3663 kadın) dahil edilmiştir. Doğumun ikinci aşaması sırasında suya daldırmaya ilişkin kanıtlar sınırlı olduğunu ve yoğun bakımda anne veya yenidoğan sonuçları üzerinde net farklılıklar göstermediğini ifade etmişlerdir. Suda doğum yapma veya doğum yapmamanın fetüs/yenidoğan veya kadın üzerindeki olumsuz etkilerin arttığına dair bir kanıt yoktur.

Tokoliz

Profilaktik betamimetiklerin plasebo ile karşılaştırıldığı Cochrane derlemesinde, biri 129 diğeri 35 kadını kapsayan iki çalışma değerlendirilmiştir. Tokolitik verilen kadınlarda umbilikal arter pH değerlerinin daha yüksek olduğu ve forsepsle doğum oranlarında artış görüldüğü bildirilmiştir. Ancak postpartum kanama, Apgar skorları, yenidoğanda sinirlilik veya beslenme güçlüğü gibi sonuçlar açısından belirgin bir etkisi gösterilememiştir. Bu nedenle, doğum sırasında fetüsün stresini azaltmada betamimetik kullanımının yararlı olduğuna dair güçlü bir kanıt bulunmamaktadır (Hofmeyr ve ark., 1996).

Epizyotomi

Jiang ve arkadaşlarının (2017) 12 çalışmayı ve toplam 6177 kadını içeren sistematik derlemesine göre, seçici epizyotomi uygulaması rutin epizyotomiye kıyasla perineal travmayı yaklaşık %30 oranında azaltmaktadır. Seçici epizyotomi yapılan kadınlarda daha az ciddi

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

perineal travma, daha az dikiş gereksinimi ve daha az iyileşme komplikasyonu bildirilmiştir. Bununla birlikte, ağrı düzeyi, üriner inkontinans, disparoni ve ciddi vajinal/perineal travma açısından iki yaklaşım arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır.

DOĞUM EYLEMİNİN ÜÇÜNCÜ EVRESİNDE KANITA DAYALI UYGULAMALAR

Umblikal Kord Klemplenmesi

McDonald ve arkadaşlarının (2014) toplam 3911 kadını kapsayan 15 çalışmayı içeren Cochrane sistematik incelemesinde, kordonun erken (doğumdan sonraki ilk 1 dakika içinde) ve geç (doğumdan en az 1 dakika sonra veya kordon atımı durduktan sonra) klemplenmesinin maternal ve neonatal sonuçları karşılaştırılmıştır. Analizler, maternal ve neonatal morbidite ile mortalite açısından iki yöntem arasında anlamlı bir fark göstermemiştir. Ancak geç klemplemenin yenidoğan açısından bazı belirgin avantajlar sağladığı bildirilmiştir. Bu avantajlar arasında, istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha yüksek doğum ağırlığı (ortalama 101 g), fototerapi gereksiniminin daha düşük olması ve doğumdan sonraki ilk 24–48 saat içinde hemoglobin düzeyleri ile demir depolarının daha yüksek bulunması yer almaktadır.

Plasentanın Çıkarılması

Kontrollü kord traksiyonu (KKT) bazı durumlarda plasentanın elle çıkarılması riskini azaltma avantajına sahiptir ve kanıtlar , doğum yaptıran kişinin gerekli becerilere sahip olması koşuluyla, KKT'nin doğumun üçüncü aşamasında rutin olarak sunulabileceğini göstermektedir. Sonuç olarak, ebenin gerekli becerilere sahip olması koşuluyla, KKT’nin doğumun üçüncü aşamasında rutin olarak sunulabileceğini göstermektedir (Hofmeyr ve ark., 2015).

KAYNAKLAR

Cluett ER, Burns E, Cuthbert A. Immersion in water during labour and birth. Cochrane Database Syst Rev. 2018;(5).

Hofmeyr GJ, Kulier R, Cochrane Pregnancy and Childbirth Group. Tocolysis for preventing fetal distress in second stage of labour. Cochrane Database Syst Rev. 2011;(6).

Hofmeyr GJ, Mshweshwe NT, Gülmezoglu AM. Controlled cord traction for the third stage of labour. Cochrane Database Syst Rev. 2015;(1).

Hofmeyr GJ, Vogel JP, Cuthbert A, Singata M. Fundal pressure during the second stage of labour. Cochrane Database Syst Rev. 2017;(3).

Jiang H, Qian X, Carroli G, Garner P. Selective versus routine use of episiotomy for vaginal birth. Cochrane Database Syst Rev. 2017;(2).

Lemos A, Amorim MM, de Andrade AD, de Souza AI, Cabral Filho JE, Correia JB. Pushing/bearing down methods for the second stage of labour. Cochrane Database Syst Rev. 2017;(3).

McDonald SJ, Middleton P, Dowswell T, Morris PS. Effect of timing of umbilical cord clamping of term infants on maternal and neonatal outcomes. Evid Based Child Health. 2014;9(2):303-397.

Smith LA, Burns E, Cuthbert A. Parenteral opioids for maternal pain management in labour. Cochrane Database Syst Rev. 2018;(6).

Walker KF, Kibuka M, Thornton JG, Jones NW. Maternal position in the second stage of labour for women with epidural anaesthesia. Cochrane Database Syst Rev. 2018;(11).

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

GENOTOXICITY ASSESSMENT OF DICAMBA PESTICIDE WITH COMET ASSAY

Ali ACAR*
Giresun University, Vocational School of Health Services, Department of Medical Services and Techniques, Giresun-Turkiye.
ORCID: 0000-0001-8617-2206
E-Mail: ali.acar@giresun.edu.tr

Oksal MACAR
Giresun University, Faculty of Science and Art, Department of Biology, Giresun-Turkiye.
ORCID: 0000-0002-5067-8712
E-Mail: oksal.macar@giresun.edu.tr

Tuğçe KALEFETOĞLU MACAR
Giresun University, Faculty of Science and Art, Department of Biology, Giresun-Turkiye.
ORCID: 0000-0002-9946-8054
E-Mail: tugce.macar@giresun.edu.tr

ABSTRACT

Dicamba is an herbicide that is generally used in agricultural fields in an effort to control a variety of broadleaf weeds located in soybean and cotton crops. The herbicide works by acting like a natural plant hormone, at which point there will be excessive and uncontrollable growth of the plant until it dies. Because of this effectiveness, coupled with the genetically modified crops created to endure dicamba, the herbicide continues to be used on an increasing basis in farming practices all across the globe. There is a strong potential for dicamba to be toxic to other organisms that were not intended to be targeted and environmentally speaking, the effectiveness of the herbicide has raised some concerns; accordingly, the genetic toxicology of dicamba has started to become the focus of efforts of researchers all around the world. The herbicide is capable of entering a gaseous state, which has been a cause for lots of drifting to crops in adjacent fields, leading to damaged crops. This research aims to determine the potential of dicamba to cause damage to nuclear material by exposing *Allium cepa* L. bulbs to 3 distinct dicamba concentrations of 3, 6, and 12 mg/L for 72 hours. A comet assessment, which is an assessment that is used to quantify and compare the degree of damage for different concentrations of the chemical treatment on average, was calculated and used to detect breaks

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

that are present on the different strands of the DNA. Upon exposure, root tips were collected, and the damage to the DNA was assessed and visualized through fluorescence microscopy and analyzed for statistical significance, resulting in the arbitrary units representing the extent of the damage to the DNA in the cells. The data indicated a considerable dose-dependent increase in DNA damage, with the most prominent changes resulting from the highest dose (12 mg/L). There was a statistically significant difference between treatment and control groups in the extent of the damage to the DNA ($p<0.05$). The control group which was treated with only tap water had sustained a small extent of damage to the DNA, while the Dicamba treated groups had sustained successively greater damage to the DNA. In conclusion, there is a need to define the genetic consequences of the increased application of the herbicide dicamba and herbicides with a similar mechanism of action in the context of the constraints of the agricultural system. There is also a need to adequately assess the potential adverse effects of herbicides, like dicamba, on the genetics of plants in the agricultural context, due to the potential harmful consequences of herbicides on the genetics of plants.

Keywords : Dicamba, Comet assay, Genotoxicity.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

INTRODUCTION

Dicamba (3,6-dichloro-2-methoxybenzoic acid), is a herbicide systemic in nature that belongs to a class of herbicides deemed benzoic acid that is utilized in the regulation of broadleaf weeds in multiple crops such as soya beans and cotton. Dicamba is a synthetic auxin that causes the same impact that natural auxins create, which is a state of uncontrolled growing that results in the death of the affected plants. In the case of the agriculture field, the use of the herbicide has increased due to the crop varieties that are herbicide resistant and in particular, GM crops that are dicamba tolerant. Dicamba plays an important role in reducing weed resistance in particular, dicamba resistant weed biotypes which increases crop yield and also helps in the weed control of a variety of agricultural systems (Spaunhorst and Bradley, 2013; Johnson et al., 2010).

An effort is made to understand and recognize dicamba's danger, owing to its volatility and potential for drift damage entail a high risk to abandoned farmland and vegetation. Herbicide vapors drift away from the target area, causing potential phytotox damage, which results in crop injury and yield loss. With the commercial release of dicamba resistant crops, damage complaints to sensitive crops and “noxious” weeds are on the rise (Browne et al., 2020; Wiedau et al., 2019). Studies show that the herbicide dicamba drift on sensitive vegetative periods soybean cultivars showed proportional yield loss damage to the plants; this entails the need for producers to take adequate measures to avoid or minimize herbicide drift on sensitive vegetative periods soybean cultivars (Willett et al., 2019; Oreja et al., 2021).

Dicamba is chemically designed to disrupt and regulate plant growth by changing their normal patterns which brings along an array of side effects as seen in auxin herbicides including epinasty and leaf distortion ultimately leading to the death of the plant (Silva et al., 2023). Hence, dicamba performs successfully in the control of some weed species, which are resistant to it, but other crops as well as ecosystems may be impacted negatively if the timings and dosages of applyign the herbicides are not considered appropriately. There are some studies, that have shown that dicamba damage on several crops is a function of their growth stage, climate, and methodologies used in application which means that there is a a lot of biomass that needs to be incorporated in the models (León et al., 2014; Johnson et al., 2010; Fogolari-Boteon et al., 2024).

On top of the primary and secondary phytotoxicity effects, dicamba herbicides can be associated with weed and crop ecological systems changes. The weeds and other plants in an agricultural are likely to be adapted to the new dicamba resistant plants which can change the weed community composition and density. Moreover some of the adapted weeds may create

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

new biotypes which could be resistant to other herbicides. Hence, the long-term ecological effects of dicamba use on crops and weeds have to well understood by researchers and agronomist (Oreja et al., 2021; Wiedau et al., 2019).

Dicamba is a crucial component of modern agricultural weed control, but serious issues such as toxicity, potential harm to the environment, and safety of the product need to be considered. The objective of this study is to examine the genotoxicity of dicamba in *Allium cepa* L., a plant model frequently utilized in genotoxicity research. This study aims to enhance the understanding of the potential genotoxic effects of dicamba by employing the comet test, a widely recognized method for assessing DNA damage. The regulators will be able to consider the safe use of dicamba with the help of information that will be made available based on conducting this study.

MATERIAL AND METHOD

Test Material

Employing bulbs of A. cepa L. (2n=16) get from Giresun commercial market, the chemical dicamba was used as a chemical agent in the study.

Experimental Design

Four groups (one control and three treatments) of six bulbs each were set up.

Group I: Control
Group II: 3 mg/L dicamba
Group III: 6 mg/L dicamba
Group IV: 12 mg/L dicamba

In the control group of bulbs, the bulbs were allowed to develop roots in tap water, whereas in the treatment groups, the bulbs were held in dicamba solution at room temperature for 72 hours. After this time, root tips about 1 cm long were removed and prepared for the comet assay.

Comet Assay

The alkaline single-cell gel electrophoresis adhered to the procedure established by Chakraborty et al. (2009). The roots were swiftly pulverized with a raster tool in 400 µL of cold Tris buffer (0.4 M, pH 7.5) combined with a 1:1 combination of 1% low melting point agarose (LMPA). The nuclear suspension, along with 1% LMPA in phosphate-buffered saline (PBS),

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

was applied to slides that were pre-coated with 1% LMPA. Thereafter, the coverslip was carefully detached following the completion of LMPA gel formation. The slides, containing nuclei in LMPA, were subsequently placed in a horizontal gel electrophoresis tank filled with new, cooled electrophoresis buffer and treated to electrophoresis at 0.7 V/cm (20 V, 300 mA) for 4 minutes at 4 °C, totaling 15 minutes. Subsequent to electrophoresis, the slides were rinsed three times with filtered water and neutralized with Tris buffer (0.4 M Tris, pH 7.5). The nuclei were stained with ethidium bromide for 5 minutes following a 5-minute soak in cold water. Thereafter, the preparations were washed to eliminate remaining stains, and the coverslips were affixed. During these operations, measures were implemented to reduce DNA degradation by operating under low light circumstances, and the samples were analyzed using a fluorescence microscope. The Comet Assay software version 1.2.3b (Końca et al., 2003, et al.) was employed to assess comets according to tail DNA length characteristics. A thorough investigation included the evaluation of 600 cells per group, with 100 cells examined in each bulb to measure DNA damage. The extent of DNA damage was evaluated on a scale from 0 to 4, according to the observed level of DNA damage. Cells were classified into five types according to tail DNA length, in accordance with Collins' categorization (2004). The cumulative DNA damage for each group, measured in arbitrary units, was calculated using equation 1.

$$Arbitrary\ unit = \sum_{i=0}^{4} Ni\ x\ i \qquad (1)$$

(*i*: degree of damage (0, 1, 2, 3, 4), *Ni:* the number of cells in *i* degree)

Statistical Analysis

The data analysis was done by using the IBM SPSS Statistics 22 software, and the outputs were presented as mean values and standard error values (SEM). The statistical comparisons were done using Duncan's test, and ANOVA To find if any of the differences between the group means were statistically significant. The p-value of 0.05 was used to determine statistical significance.

RESULTS AND DISCUSSION

As indicated in Figure 1, dicamba has damaging effects on the DNA in the root tip cells of *A. cepa* L. The average score of DNA damage in Group I, the control group, was 16.17±2.13. In Group II that administered 3 mg/L of dicamba, the average scores increased sharply to

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

138.83±10.95. In Group III that administered 6 mg/L of dicamba, the average score increased to 184.83±9.90. In Group IV that administered 12 mg/L of dicamba, the average scores were the highest at 263.33±16.83. The further the increase of the dose of dicamba, the higher the average score resulted, showing that the DNA was more fragmented and that there were more strand breaks. The average scores of DNA damage from different groups were statistically different from each other ($p<0.05$). Additional researchers have also carried out studies that have corroborated the results that were achieved. One study showed that long-term exposure to auxin herbicides, including dicamba, caused significant DNA damage in the fish species Cnesterodon decemmaculatus. The researchers found that both morphological and genetic changes were associated with exposure. This finding indicates the herbicide's potential to cause genotoxicity in aquatic organisms and supports the claim that dicamba has genotoxic potential (Arcaute et al. 2018). Another study emphasized that, similar to auxins, dicamba poses a risk of genotoxic effects due to its mechanism of action and the oxidative stress it can induce in biological systems (Spaunhorst and Bradley, 2013).

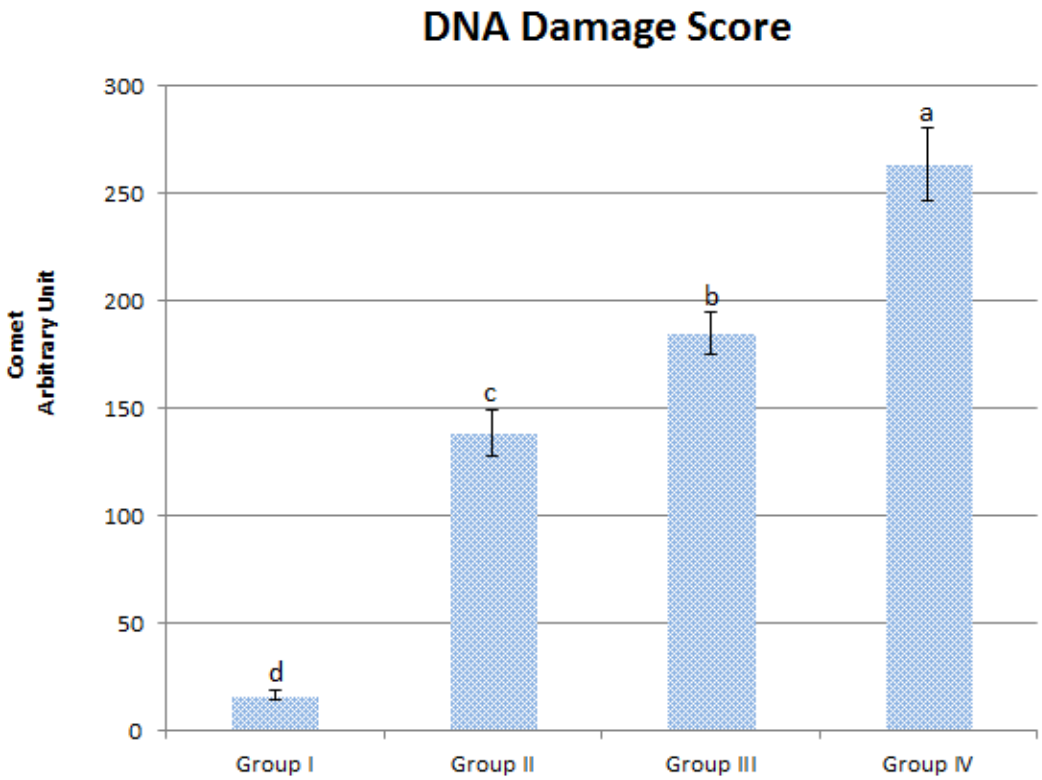


Figure 1. The Damage of DNA in the root tip cells of A. cepa L. due to dicamba treatment. (Group I: control, Group II: 5 mg/L dicamba, Group III: 10 mg/L dicamba, Group IV: 20 mg/L dicamba. Data are given as mean ± SEM).

CONCLUSION

In conclusion, a comprehensive analysis of the impact of dicamba on DNA integrity in *Allium cepa* L. root tip cells demonstrates a substantial correlation between herbicide concentration and the degree of DNA damage observed. This shows a direct link between exposure to dicamba and genetic damage. The rise in the use of dicamba in agriculture is a potential health hazard. In an instance where a farmer grows crops genetically modified to be dicamba resistant, it allows the farmer to use herbicides disproportionately as a means of pest and weed control. The systemic investigation of various organisms is necessary to understand the ecosystems potential impact and the health of humans in the future from the exposure to dicamba. In the ecosystems, biodiversity will be impacted since the systemic use of this herbicide and its sequels are widely used. Obvious control measures are necessary to avoid the potential impact of this widely used herbicide on Public health and biodiversity.

REFERENCES

Browne, F., Li, X., Price, K., Wang, J., Wang, Y., Kruger, G., … & Sandlin, T. (2020). Dicamba retention in commercial sprayers following triple rinse cleanout procedures, and soybean response to contamination concentrations. Agronomy, 10(6), 772.

Chakraborty, R., Mukherjee, A.K., & Mukherjee, A. (2009). Evaluation of genotoxicity of coal fly ash in Allium cepa root cells by combining comet assay with the Allium test. Environmental Monitoring and Assessment, 153, 351-357.

Collins, A. R. (2004). The comet assay for DNA damage and repair. Molecular Biotechnology, 26(3), 249-261.

Fogolari-Boteon, B., Silva, R., Ferrari-Schedenffeldt, B., Spricigo, H., Silva-Hirata, A., & Monquero, P. (2024). Crop sensitivity to dicamba and 2,4-D applied at commercial and subdose levels. Agrociencia, 58(2).

Johnson, W., Young, B., Matthews, J., Marquardt, P., Slack, C., Bradley, K., … & Smeda, R. (2010). Weed control in dicamba-resistant soybeans. Crop Management, 9(1), 1-23.

Końca, K., Lankoff, A., Banasik, A., Lisowska, H., Kuszewski, T., Góźdź, S., Koza, Z., & Wojcik, A. (2003). A cross-platform public domain PC image-analysis program for the comet assay. Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis, 534(1-2), 15-20.

León, R., Ferrell, J., & Brecke, B. (2014). Impact of exposure to 2,4-D and dicamba on peanut injury and yield. Weed Technology, 28(3), 465-470.

Oreja, F., Inman, M., Jordan, D., & León, R. (2021). Population growth rates of weed species in response to herbicide programme intensity and their impact on weed community. Weed Research, 61(6), 509-518.

Silva, C., Pereira, L., Silva, J., & Jakelaitis, A. (2023). Sensitivity of eucalyptus (Eucalyptus urograndis) plants to subdoses of the herbicide dicamba. Revista De Ciências Agroveterinárias, 22(1), 28-36.

Spaunhorst, D., & Bradley, K. (2013). Influence of dicamba and dicamba plus glyphosate combinations on the control of glyphosate-resistant waterhemp (Amaranthus rudis). Weed Technology, 27(4), 675-681.

Wiedau, K., Krausz, R., Walters, S., Matthews, J., & Gage, K. (2019). Evaluating risks of plant growth regulator–resistant soybean technologies to horseradish production. Weed Technology, 33(1), 75-86.

Willett, C., Grantz, E., Lee, J., Thompson, M., & Norsworthy, J. (2019). Soybean response to dicamba in irrigation water under controlled environmental conditions. Weed Science, 67(3), 354-360.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

GENOTOXICITY ASSESSMENT OF GLYPHOSATE PESTICIDE WITH COMET ASSAY

Ali ACAR*
Giresun University, Vocational School of Health Services, Department of Medical Services and Techniques, Giresun-Turkiye.
ORCID: 0000-0001-8617-2206
E-Mail: ali.acar@giresun.edu.tr

Tuğçe KALEFETOĞLU MACAR
Giresun University, Faculty of Science and Art, Department of Biology, Giresun-Turkiye.
ORCID: 0000-0002-9946-8054
E-Mail: tugce.macar@giresun.edu.tr

Oksal MACAR
Giresun University, Faculty of Science and Art, Department of Biology, Giresun-Turkiye.
ORCID: 0000-0002-5067-8712
E-Mail: oksal.macar@giresun.edu.tr

ABSTRACT

Glyphosate (commonly known as Roundup) is a herbicide used to eliminate unwanted vegetation in crop fields. Glyphosate target specific enzymes in the shikimic acid metabolic pathway–which is absent in animals. This absence provides a biological basis for allowing the production of genetically modified shikimic acid resistant organisms. These genetically modified organisms offer the agricultural sector improved biological disturbance in the production of crops. However, studies have shown toxic effects as a consequence of exposure. This study works on determination of the potential genotoxic glyphosate effects using the *Allium cepa* L. plant, which is a preferred organism for the study of genetic damage. Commercially obtained *A. cepa* L. bulbs were exposed to Glyphosate (5, 10, 20 mg/L) concentrations for 3 days to study the exposure of the plant to glyphosate. The Comet Assay, which allows for the determination of DNA strand breaks at the cellular level, is the most sensitive, have been used to study the genotoxic effects. After the exposure to glyphosate, root tips were cut off, processed, and observed in a fluorescence microscope. This was complemented with Ethidium bromide DNA damage staining and the results were processed with Comet Assay Software v1.2.3b (CaspLab) and expressed in arbitrary units to determine

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

the results of the damage to the DNA. In the highest dose (20 mg/d L of glyphosate), the most pronounced damage of various DNA classes was obtained, and the dose dependence of DNA damage was important and significant ($p<0.05$). While insignificant amounts of DNA were observed in the tap water control group, glyphosate applications caused increasing levels of genetic damage in a dose-dependent manner. Collectively, the results supports the conclusion that with respect to cells and DNA, glyphosate is a probable environmental genotoxic and cell-damaging agent. Moreover, the cell-damaging effects of glyphosate justify the urgent need for a detailed assessment of the genotoxic effects of glyphosate. Farm use of glyphosate, without any accompanying evidence to determine rational and safe threshold dosage exposure, continues to mount, significantly amplifying the need for a research assessment that supports the glyphosate-related environmental and health safety of the community.

Keywords : Glyphosate, Comet assay, Genotoxicity.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

INTRODUCTION

Since the 1970s, glyphosate (N-(phosphonomethyl)glycine) has been a extensively used systemic, non-selective herbicide. Targeting a wide range of weeds, it works by blocking the 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase (EPSPS) enzyme that is essential to the shikimic acid pathway, a pathway important for the production of aromatic amino acids in higher plants, and in some microorganisms. Because this pathway and these amino acids are absent in vertebrate animals, crops have been genetically engineered to be glyphosate-resistant, enabling the modification of the crops and facilitating the predominant use of glyphosate in agriculture. Today, glyphosate is used more than any other herbicide in the world and is used in non-agricultural settings as well, including cities and forests (Soares et al., 2021; Battaglin et al., 2014).

Glyphosate's low toxicity to mammals and efficiency in managing weeds has led to some controversy concerning its safety and potential negative consequences for the environment. Glyphosate and its primary degradation metabolite, aminomethylphosphonic acid (AMPA), have been found in soil, water, and even human samples (Battaglin et al., 2014; Duke, 2020). Certain plants experience complex processes and incomplete absorption of glyphosate as a function of the cuticle, and studies have shown 25-50% of glyphosate is effectively absorbed by plants (Sandberg et al., 1980). The horizontal and vertical movement (transport) of glyphosate in the environment (fate) is a question of its degradation. Glyphosate is water-soluble (approx. 12 g/L in water) and has variable degradation rates in the environment (Maqueda et al., 2017), a factor also of interest in predicting its potential to contaminate groundwater.

Concerns involving glyphosate's toxicity include, but are not limited to, the environment. Recent literature suggests a possible correlation between glyphosate exposure and negative health effects, specifically, genotoxicity and cancer. Certain epidemiological literature suggests exposure to glyphosate has been associated with higher incidence of specific cancer(s) in farming and non-farming residents living in close proximity to farming operations (Avila-Vazquez et al., 2017). Differing risk appraisal outcomes internationally (for glyphosate) continue to fuel controversy, especially the need for comprehensive risk analysis guidelines and setting control exposure limits.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Degradation of glyphosate in the soil is determined by numerous factors such chemical and physical interactions. Changes in moisture, temperature, and pH are critical to the soil's environment, and to the action of soil microorganisms. Microbial communities of the soil are responsible for effaceable cleavage of glyphosate, and unique bacterial strains have been described as proficient degraders of the herbicide (Li et al., 2022; Elarabi et al., 2020). Absence of one or more of the soil microorganisms may result in incomplete degradation of glyphosate and the products of degradation can exhibit persistence in the environment. The escalating use of glyphosate-resistant cultivars of crops augments the issues surrounding the accumulation of glyphosate residues, particularly glyphosate degradation products as the soil microorganisms that can degrad glyphosate are present, and thus pose risks to the environment (Doublet et al., 2009; Mamy et al., 2008).

Glyphosate is a substance that has changed the way farming is done; however, the health and environmental risks that come with using it are unmatched and need to be looked into more closely. It is very important to look into the effects of glyphosate on soil, water, and human health by looking into how it is absorbed, broken down, and how it could be harmful. The balancing act of the environmental risks with the need to provide safe use of glyphosate will be obtain with more research. The objective of this study is to examine the genotoxicity of glyphosate in *Allium cepa* L., a plant model frequently utilized in genotoxicity research. This study aims to enhance the understanding of the potential genotoxic effects of glyphosate by employing the comet test, a widely recognized method for assessing DNA damage. The findings of this study will assist regulators in determining the safe application of glyphosate by supplying critical data for the compound's risk assessment.

MATERIAL AND METHOD

Test Material

Using *A. cepa* L. bulbs (2n=16) purchased from a commercial market in Giresun as the test materials, glyphosate was used as a chemical agent in the investigation.

Experimental Design

A total of four groups, one control and three applications, each with six bulbs, were created.

Group I: Control
Group II: 5 mg/L glyphosate

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Group III: 10 mg/L glyphosate
Group IV: 20 mg/L glyphosate

Root development was carried out in tap water for the control group of bulbs, while the treatment group bulbs were soaked in glyphosate at room temperature for 72 hours. After this time, root tips about 1 cm long were removed and prepared for the comet assay.

Comet Assay

The alkaline single-cell gel electrophoresis adhered to the procedure established by Chakraborty et al. (2009). The roots were swiftly pulverized with a raster tool in 400 µL of cold Tris buffer (0.4 M, pH 7.5) combined with a 1:1 combination of 1% low melting point agarose (LMPA). The nuclear suspension, along with 1% LMPA in phosphate-buffered saline (PBS), was applied to slides that were pre-coated with 1% LMPA. Thereafter, the coverslip was carefully detached following the completion of LMPA gel formation. The slides, containing nuclei in LMPA, were subsequently placed in a horizontal gel electrophoresis tank filled with new, cooled electrophoresis buffer and treated to electrophoresis at 0.7 V/cm (20 V, 300 mA) for 4 minutes at 4 °C, totaling 15 minutes. Subsequent to electrophoresis, the slides were rinsed three times with filtered water and neutralized with Tris buffer (0.4 M Tris, pH 7.5). The nuclei were stained with ethidium bromide for 5 minutes following a 5-minute soak in cold water. Thereafter, the preparations were washed to eliminate remaining stains, and the coverslips were affixed. During these operations, measures were implemented to reduce DNA degradation by operating under low light circumstances, and the samples were analyzed using a fluorescence microscope. The Comet Assay software version 1.2.3b (Końca et al., 2003, et al.) was employed to assess comets according to tail DNA length characteristics. A thorough investigation included the evaluation of 600 cells per group, with 100 cells examined in each bulb to measure DNA damage. The extent of DNA damage was evaluated on a scale from 0 to 4, according to the observed level of DNA damage. Cells were classified into five types according to tail DNA length, in accordance with Collins' categorization (2004). The cumulative DNA damage for each group, measured in arbitrary units, was calculated using equation 1.

$$Arbitrary\ unit = \sum_{i=0}^{4} Ni\ x\ i \qquad (1)$$

(i: degree of damage (0, 1, 2, 3, 4), Ni: the number of cells in i degree)

Statistical Analysis

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

The data analysis was done by using the IBM SPSS Statistics 22 software, and the outputs were presented as mean values and standard error values (SEM). The statistical comparisons were done using Duncan's test, and ANOVA To find if any of the differences between the group means were statistically significant. The p-value of 0.05 was used to determine statistical significance.

RESULTS AND DISCUSSION

The effects of glyphosate on DNA in root tip cells of *A. cepa* L. are shown in Figure 1. The results clearly show that the DNA of root tip cells was damaged due to glyphosate exposure. The mean DNA damage score in Group I, the control group, was 23.83±2.02. The mean DNA damage score in Group II, which received 5 mg/L glyphosate, increased sharply to 146.17±13.70. The DNA damage score in Group III, which received 10 mg/L glyphosate, was 171.17±7.97. The DNA damage score reached the highest score with 225.67±10.38 in Group IV, which received 20 mg/L glyphosate. As the glyphosate dose increased, the DNA damage score correspondingly elevated, indicating an increase in DNA fragmentation and strand breaks. The differences in DNA damage scores between the groups were found to be statistically significant ($p<0.05$). Other researchers have conducted studies that validate and enhance the obtained results. A comprehensive evaluation of glyphosate and its commercial formulations was conducted, demonstrating that glyphosate and its commercial formulations cause genetic damage in human blood cells, providing significant evidence of dose-dependent genotoxic effects. They pointed out that the presence of adjuvants in commercial formulations may enhance the toxicological effects of glyphosate and may explain the potential genotoxicity (Álvarez-Moya and Silva, 2023). Several human and fish cells demonstrated the ability to erb dna in the presence of genotoxic concentrations of glyphosate (Álvarez-Moya et al., 2014). In another study, glyphosate demonstrated to have high genotoxic potential, even to the point of causing chromosome breakage and alterations in the bone marrow of mice (Jasim et al., 2023).

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

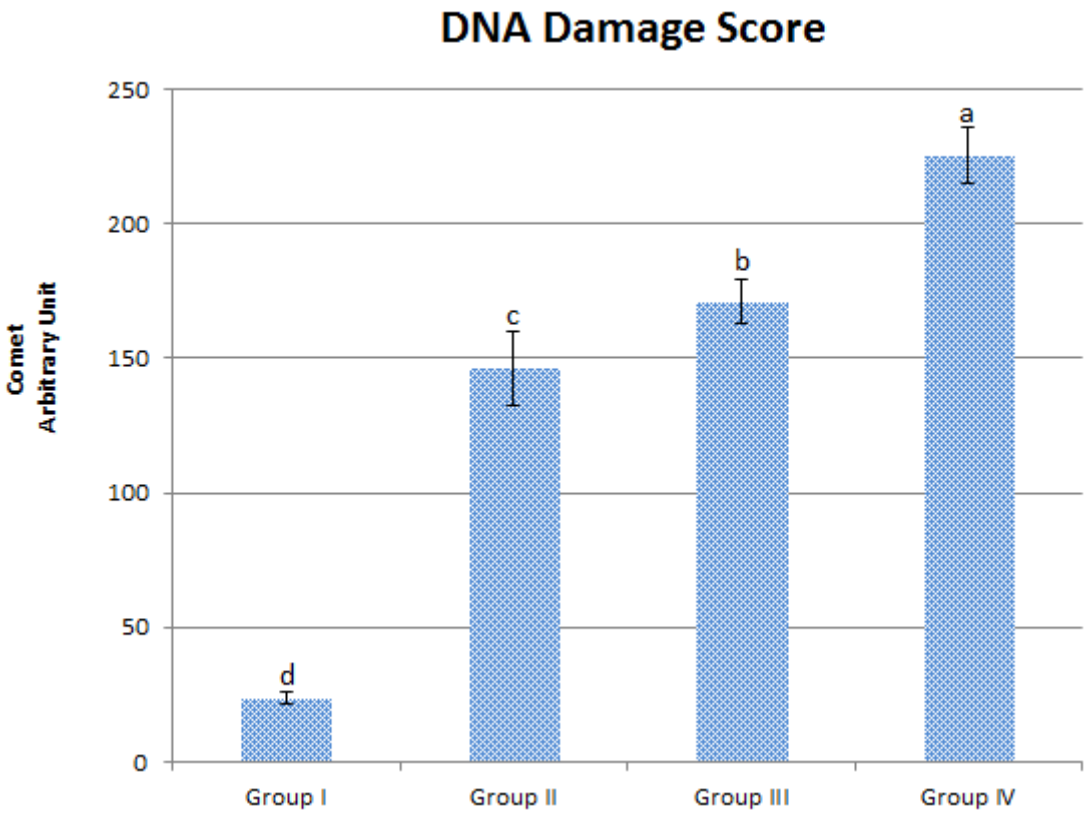


Figure 1. The Damage of DNA in the root tip cells of *A. cepa* L. due to Glyphosate. (Group I: control, Group II: 5 mg/L glyphosate, Group III: 10 mg/L glyphosate, Group IV: 20 mg/L glyphosate. Data are given as mean ± SEM).

CONCLUSION

There is the possibility that glyphosate, as the results of this study show, may have a genotoxic effect on the DNA of *A. cepa* L. root tip cells. The increase in DNA damage scores in the experimental groups show a pattern of higher glyphosate concentrations causing an increase in fragmentation of DNA and chromosomal damage as a particularly worrying trend and one that is dose-dependent. With glyphosate employed in industry as a herbicide and pesticide, the genotoxicity gives reason enough to reconsider the potential risks of glyphosate on the environment and the population. The continuing exposure to glyphosate in the home and on the farm makes it imperative to study the effects on the genetically integrity of those exposed to it. Risk assessment is necessary to address the potential risks of glyphosate.

REFERENCES

Álvarez-Moya, C. and Silva, M. (2023). Assessment of genetic damage induced via glyphosate and three commercial formulations with adjuvants in human blood cells. International Journal of Molecular Sciences, 24(5), 4560. https://doi.org/10.3390/ijms24054560

Álvarez-Moya, C., Silva, M., Ramírez, C., Gallardo, D., Sánchez, R., Canales-Aguirre, A., & Velasco, A. (2014). Comparison of the in vivo and in vitro genotoxicity of glyphosate isopropylamine salt in three different organisms. Genetics and Molecular Biology, 37(1), 105-110. https://doi.org/10.1590/s1415-47572014000100016

Avila-Vazquez, M., Maturano, E., Etchegoyen, A., Difilippo, F., & Maclean, B. (2017). Association between cancer and environmental exposure to glyphosate. International Journal of Clinical Medicine, 8(2), 73-85.

Battaglin, W., Meyer, M., Kuivila, K., & Dietze, J. (2014). Glyphosate and its degradation product ampa occur frequently and widely in u.s. soils, surface water, groundwater, and precipitation. Journal of the American Water Resources Association, 50(2), 275-290.

Chakraborty, R., Mukherjee, A.K., Mukherjee. A. (2009) Evaluation of genotoxicity of coal fly ash in *Allium cepa* root cells by combining comet assay with the *Allium* test. Environ Monit Assess 153:351-357.

Collins, A. R. (2004). The comet assay for DNA damage and repair. Molecular biotechnology, 26(3), 249-261.

Doublet, J., Mamy, L., & Barriuso, E. (2009). Delayed degradation in soil of foliar herbicides glyphosate and sulcotrione previously absorbed by plants: Consequences on herbicide fate and risk assessment. Chemosphere, 77(4), 582-589.

Duke, S. (2020). Glyphosate: environmental fate and impact. Weed Science, 68(3), 201-207.

Elarabi, N., Abdelhadi, A., Ahmed, R., Saleh, I., Arif, I., Osman, G., … & Ahmed, D. (2020). Bacillus aryabhattai FACU: A promising bacterial strain capable of manipulating glyphosate herbicide residues. Saudi Journal of Biological Sciences, 27(9), 2207-2214.

Jasim, M. G., Ghaloob, A. A. N., & Nada, S. M. (2014). Studying of genotoxicity of glyphosate herbicide on mammal cells. Journal of the College of Basic Education, 20(86), 1023-1030.

Końca, K., Lankoff, A., Banasik, A., Lisowska, H., Kuszewski, T., Góźdź, S., Koza, Z., Wojcik, A. (2003). A cross-platform public domain PC image-analysis program for the comet assay. Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis, 534(1-2), 15-20.

Li, J., Chen, W., Zhang, W., Zhang, Y., Lei, Q., Wu, S., … & Chen, S. (2022). Effects of free or immobilized bacterium Stenotrophomonas acidaminiphila Y4B on glyphosate

degradation performance and indigenous microbial community structure. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 70(43), 13945-13958.

Mamy, L., Gabrielle, B., & Barriuso, E. (2008). Measurement and modelling of glyphosate fate compared with that of herbicides replaced as a result of the introduction of glyphosate-resistant oilseed rape. Pest Management Science, 64(3), 262-275.

Maqueda, C., López, T., Capellán, J., & González, E. (2017). Behaviour of glyphosate in a reservoir and the surrounding agricultural soils. The Science of the Total Environment, 593-594, 787-795.

Sandberg, C., Meggitt, W., & Penner, D. (1980). Absorption, translocation and metabolism of 14c-glyphosate in several weed species. Weed Research, 20(4), 195-200.

Soares, D., Silva, L., Duarte, S., Pena, A., & Pereira, A. (2021). Glyphosate use, toxicity and occurrence in food. Foods, 10(11), 2785.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

DOSE-DEPENDENT EFFECTS OF NATAMYCIN ON MERISTEMATIC CELL INTEGRITY IN *ALLIUM CEPA*

Assoc. Prof. Dr. Tuğçe KALEFETOĞLU MACAR
Giresun University, tugce.macar@giresun.edu.tr-0000-0002-9946-8054

Assoc. Prof. Dr. Oksal MACAR
Giresun University, oksal.macar@giresun.edu.tr-0000-0002-5067-8712

Assoc. Prof. Dr. Ali ACAR
Giresun University, ali.acar@giresun.edu.tr-0000-0001-8617-2206

ABSTRACT

Natamycin is an antifungal compound used to prevent the growth of organisms such as mold and yeast in food products. *Allium cepa* is a popular and reliable bioindicator that allows for the assessment of the cellular effects of a wide variety of pollutants, such as pesticides, heavy metals, radiation, food additives, and textile dyes. This study aimed to evaluate the toxicity of natamycin in organisms in terms of the integrity of root meristem cells in the *A. cepa.* For this purpose, experimental groups formed from *A. cepa* bulbs were exposed to tap water, 20 mg/L, 40 mg/L, and 80 mg/L natamycin for three days. To evaluate the effect of natamycin on root meristem cell integrity, microscopic examination was performed on slides prepared from cross sections of adventitious roots. Cortex cell damage, flattened nucleus, bi-nükleolated cell and thickening in the vascular tissue were observed in root cells treated with natamycin. An increase in the level of damage was observed as the dose of natamycin administered increased. These findings indicate that natamycin may cause dose-dependent cellular damage in meristem tissue. Potential risks of natamycin should be evaluated through more comprehensive physiological and molecular studies.

Keywords: *Allium cepa*, anatomical damage, antibiotic, meristematic cell, natamycin.

ALLIUM CEPA'DA MERİSTEMATİK HÜCRELERİN BÜTÜNLÜĞÜ ÜZERİNDE NATAMİSİNİN DOZA BAĞLI ETKİLERİ

ÖZET

Natamisin, gıda ürünlerinde küf ve maya gibi organizmaların büyümesini önlemek için kullanılan bir antifungal bileşiktir. *Allium cepa*, pestisitler, ağır metaller, radyasyon, gıda katkı maddeleri ve tekstil boyaları gibi çok çeşitli kirleticilerin hücresel etkilerinin değerlendirilmesine olanak tanıyan popüler ve güvenilir bir biyoindikatördür. Bu çalışma, *A. cepa*'daki kök meristem hücrelerinin bütünlüğü açısından natamisinin organizmalarda toksisitesini değerlendirmeyi amaçlamıştır. Bu amaçla, *A. cepa* soğanlarından oluşturulan deney grupları üç gün boyunca musluk suyu, 20 mg/L, 40 mg/L ve 80 mg/L natamisine maruz bırakılmıştır. Natamisinin kök meristem hücrelerinin bütünlüğü üzerindeki etkisini değerlendirmek için, adventif köklerin kesitlerinden hazırlanan slaytlar üzerinde mikroskobik

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

inceleme yapılmıştır. Natamisin ile muamele edilen kök hücrelerinde korteks hücre hasarı, düzleşmiş çekirdek, çift çekirdekli hücreler ve vasküler dokuda kalınlaşma gözlemlenmiştir. Natamisin dozu arttıkça hasar seviyesinde de artış gözlendi. Bu bulgular, natamisinin meristem dokusunda doza bağlı hücresel hasara neden olabileceğini göstermektedir. Natamisinin potansiyel riskleri daha kapsamlı fizyolojik ve moleküler çalışmalarla değerlendirilmelidir.

Anahtar kelimeler: *Allium cepa*, anatomik hasar, antibiyotik, meristematik hücre, natamisin.

1. INTRODUCTION

According to the World Food Programme (WFP), 1.3 billion tonnes of food products intended for human consumption are wasted worldwide. This wastage, which can occur during procurement or due to food spoilage caused by microorganisms, is enough to ensure that up to two billion people have access to food [1]. One of the most effective ways to prevent foodborne poisoning or economic loss is to prevent microorganism contamination of products. In terms of safety and efficacy, food industries are now switching to natural preservatives instead of traditional preservatives such as nitrates, nitrites, sodium benzoate, and propyl gallate, which are associated with diseases such as asthma, cancer, dermatitis, and allergies and leave residual chemicals [2]. Mycotoxin production in food and feed due to fungal contamination poses a serious risk to the health and lives of humans and livestock. Therefore, antifungal products are highly effective against both the fungi and the fungal toxins that diffuse into foods [3]. Natamycin, also known as pimaricin, was first discovered in 1955. During its discovery, *Streptomyces natalensis* was isolated from a soil sample taken from South Africa and natamycin was found in the culture filtrate of this microorganism. This natural antibiotic, which contains an active tetraene moiety, is used as a preservative against mold and yeast contamination in many foodstuffs such as yoghurt, wine, sausages, fruit juice, and cheese [2,4]. Commercial natamycin preparations, are produced by the fermentation of glucose by Streptomyces strains and contains natamycin with lactose (1:1). However, the product has no activity against viruses and bacteria [5]. Natamycin binds irreversibly to ergosterols on the surface of fungal cells, disrupting the permeability of the membrane and leaking vital ions from the cell. The artificial analogue of natamycin is sodium benzoate and natamycin can be used in fermented products, unlike sodium benzoate. This favourability is related to the fact that ergosterol is not prevalent in bacterial cells [4]. Natamycin is odourless and colourless. It is a preservative food additive with the code E235 and is preferred to other preservatives because it is approved by the World Health Organization (WHO) and the European Food Safety Authority (EFSA). It has been granted 'generally safe' status by organisations such as Food and Drug Administration (FDA), the WHO, and the EFSA [2].

In addition to its use as a food preservative, natamycin is also used against infections such as fungal keratitis and is particularly effective against Aspergillus and Fusarium infections in the cornea [6]. Although this antibiotic is natural, it has been reported that it is cytotoxic and genotoxic for human lymphocyte cells, leading to increased micronuclei, chromosome abnormalities and sister chromatid exchanges [6]. Another study using a commercial compound containing 50% natamycin as the test material showed that the chemical was aneugenic, as indicated by an increase in the number of micronuclei in mouse bone marrow cells *in vivo* [7].

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

The same study reported that natamycin significantly decreased cell proliferation, as indicated by a reduction in the mitotic index, and exhibited cytotoxic properties. In addition, it was also stated that natamycin may affect both metabolic activation and detoxification pathways by suppressing liver P450 activities of Wistar rats at high doses and thus may reduce the damage of some toxicants but may increase the risk of toxicity by causing accumulation of some other compounds [8]. Nevertheless, most of the studies on natamycin have focused on its antifungal properties, and the potential toxicity of the compound is often eliminated.

The utilization of plant organisms in risk assessment studies related to pollutants or contaminants has gained popularity due to the fact that these systems are eukaryotic, easy to grow, and do not require ethical approval [9]. *Allium cepa* has taken its place among these test systems, especially its status as a cost-free and easily available organism, and its rapidly dividing root cells [10]. *A. cepa*, which is very popular in cytogenetic studies due to its small number of large chromosomes and easy microscopic examination, also allows the recognition of toxicity caused by many chemicals at the anatomical level [11,12].

This study aimed to investigate the potential meristematic cell damage caused by natamycin, a natural antibiotic, in the *A. cepa* organism. For this purpose, cross-sections of the adventitious roots of *A. cepa* were microscopically examined, and anatomical changes were recorded.

2. MATERIALS & METHODS

Three different test groups treated with 20 mg/L natamycin, 40 mg/L natamycin, and 80 mg/L natamycin, respectively, and a control group were formed. The control group was treated with tap water only. Each group consisted of fifty individual *A. cepa* bulbs of approximately equal size obtained from a market in Giresun. Aqueous solutions of natamycin with Alfa Aesar brand and CAS No: 7681-93-8 were used as test material in the study. The bulbs were treated with the solutions in contact with the disc stems, which were shaved just before the experiments to remove old roots, and this process was completed in 72 hours. It was important to carry out the treatments in the dark and to renew the solutions daily to maintain a stable concentration [13].

2.1. Analysis of Meristamatic Cell Integrity

Adventitious roots of *A. cepa* were washed at the end of the treatment period to monitor the extent to which the meristematic cells deviated from their natural structure. Cross-sections of the roots thus freed from solutions were taken manually with a sharp razor blade. The sections were stained with 1 ml of 2% methylene blue on a slide and photographed at 400X magnification with a binocular microscope.

3. RESULTS & DISCUSSION

Despite the normal appearance of meristematic cells in the control group treated with tap water (Figures 1a, 1b, 1d, and 1f), cortex cell damage, thickening of the cortex cell wall, flattened nucleus, cells with binucleolus, and conduction tissue thickening were observed in the natamycin-treated NMN 1, NMN 2, and NMN 3 groups (Table 1). Between 20 and 80 mg/L natamycin, the severity of these abnormalities in meristematic tissue increased with increasing natamycin doses, indicating that the damage was dose-dependent. Indeed, all meristem damages

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

in the NMN I group treated with 20 mg/mL natamycin were at the mild damage level (Table 1). In the NMN II group treated with 40 mg/mL natamycin, cells with binucleolus, and conduction tissue thickening damages were at mild level, while cortex cell damage and flattened nucleus increased to moderate level. Moreover, in the NMN III group receiving the highest dose of natamycin, cortex cell damage and flattened nucleus damage increased to 'severe', cells with binucleolus and thickening in the vascular tissue damage increased to 'moderate' levels.

To the best of our knowledge, this study is the first demonstration of natamycin-induced meristematic damage in a plant model organism. However, it was observed that citral and limonene, which are natural components of the essential oil obtained from *Citrus aurantiifolia* and can be used as food flavoring, suppressed the growth of *A. cepa* root meristem [14]. In addition, it was revealed that *Ziziphus mauritiana* (an ethnomedical plant))leaf extracts prepared using different solvents suppressed *A. cepa* root growth and caused an increase in CAs accompanied by a decrease in MI in the root [15]. Furthermore, aqueous extracts of five different medicinal plants, including *Azadirachta indica*, *Cymbopogon citratus*, *Morinda lucida*, *Mangifera indica*, and *Carica papaya*, are also natural products that have been shown to have mitodepressive and spindle thread-disrupting effects in the *A. cepa* model [16].

Cortex cell damage may indicate that natamycin can cross the epidermis transversely and reach the internal tissues. The thickening of the cortex cells may be a strategy of the cell to increase its own endurance. As the dose of natamycin increased, the level of this defense observed in the *A. cepa* root cortex gradually increased (Table 1). Thickening may develop due to lignification, deposition of structural polysaccharides such as cellulose and hemicellulose, or callose deposition to close plasmodesmata [17-19]. Damage to cell membranes, malformations due to disruption of pumps or other mechanisms, osmotic imbalance, and oxidative stress due to reactive oxygen accumulation may be the causes of the deterioration of cortex cells. Karagöl et al. [20] reported that flattened nucleus damage may be caused by cells being pushed against each other, oxidative stress affecting the nuclear membrane, or damage to genetic material. The bi-nucleolus cell as a result of natamycin treatment may indicate that cells attempt to increase ribosomal RNA synthesis under stress. This damage may also be due to nuclear stress-induced disruption of nucleolus organisation. Substances that have reached the conduction tissue, the innermost tissue of the root, may cause various anatomical changes in the conduction tissue. The thickening of the conduction tissue following natamycin application may be an adaptation response to maintain water and nutrient balance and not to transport harmful substances to the upper parts. The synthesis of wall substances such as cellulose, hemicellulose, and lignin might also be increased, and thus the conducting tissue might have tried to prevent the damage to the cortical cells from being transferred to itself.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

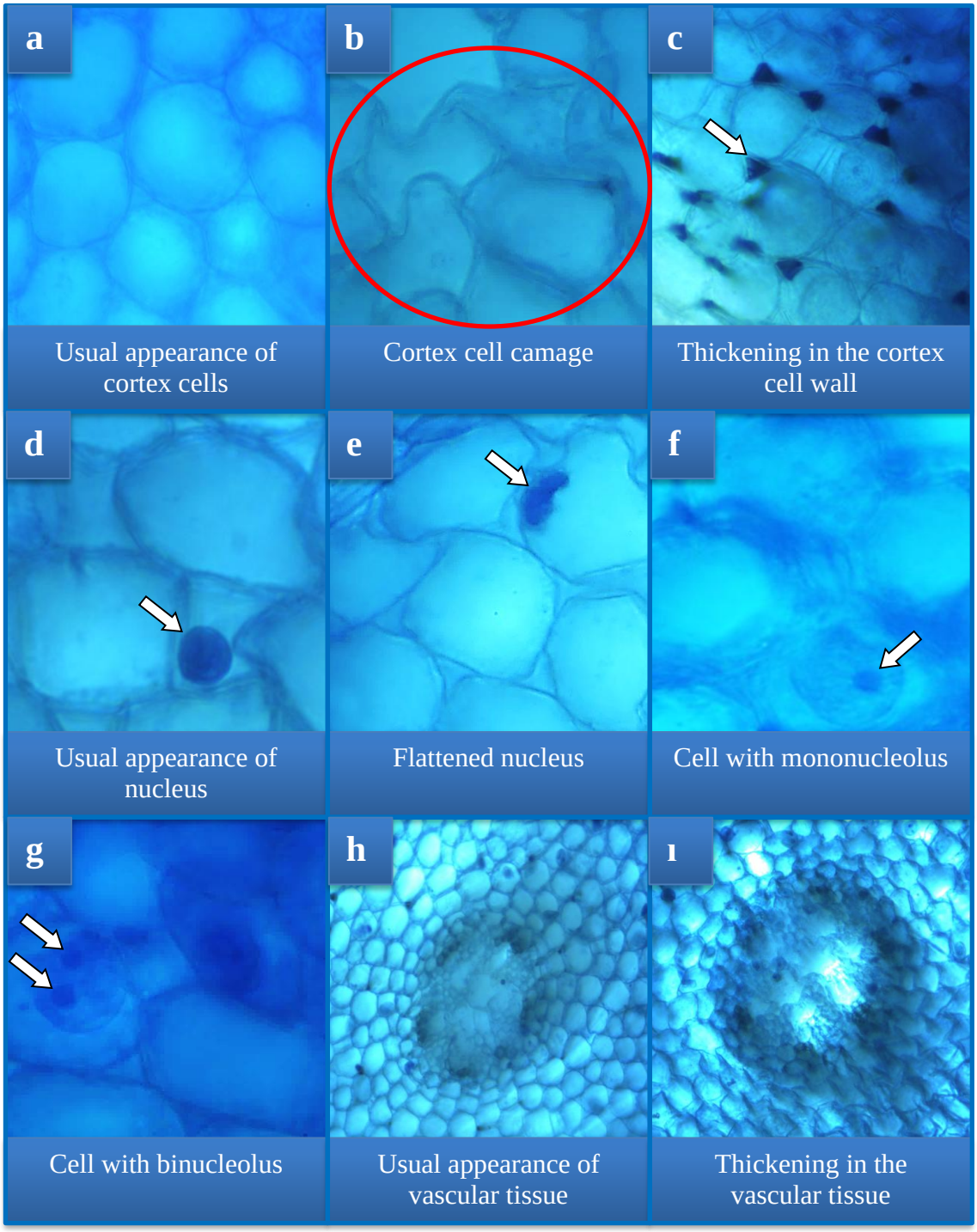


Figure 1. Natamycin-induced meristamatic cell damages.

Table 1. Severity of meristematic cell damage induced by natamycin.

Groups	CDC	FNS	BNC	TVT
Control	-	-	-	-
NMN I	+	+	+	+
NMN II	++	++	+	+
NMN III	+++	+++	++	++

Control: Tap water, NMN I: 20 mg/L natamycin, NMN II: 40 mg/L natamycin, NMN III: 80 mg/L natamycin. CDC: Cortex cell damage, FNS: flattened nucleus, BNC: cells with

binucleolus, TVT: thickening in the vascular tissue. (-): no damage, (+): mild damage, (++): moderate damage, (+++): severe damage.

4. CONCLUSION

This study revealed for the first time the anatomical changes induced by natamycin in *A. cepa* root meristem tissue. In the natamycin-treated groups, it was observed that structural defects such as cortex cell damage, nucleus flattening, bi-nucleolus cell formation, and thickening of the conduction tissue occurred. The severity of these damages increased in parallel with the natamycin dose. According to the findings, natamycin disrupts the integrity of root tissue in a dose-dependent manner and thus may adversely affect meristem functions. Even though natamycin is widely used both as an antibiotic and as a food additive, our results suggest that this natural compound causes structural damage in plant organisms. It is recommended that the mechanisms underlying these changes should be further elucidated, especially supported by genetic, physiological, and molecular studies.

REFERENCES

[1] Onyeaka, H., Akinsemolu, A., Miri, T., Nnaji, N.D., Duan, K., Pang, G., Tamasiga, P., Khalid, S., Al-Sharify, Z, Ugwa, C. Artificial Intelligence in Food System: Innovative Approach to Minimizing Food Spoilage and Food Waste, Journal of Agriculture and Food Research, 21, 101895, 2025.

[2] Meena, M., Prajapati, P., Ravichandran, C., Sehrawat, R. Natamycin: A Natural Preservative for Food Applications-A Review, Food Science and Biotechnology, 30(12), 1481-1496, 2021.

[3] Awuchi, C.G., Ondari, E.N., Nwozo, S., Odongo, G.A., Eseoghene, I.J., Twinomuhwezi, H., Ogbonna, C.U., Upadhyay, A.K., Adeleye, A.O., Okpala, C.O.R. Mycotoxins' Toxicological Mechanisms Involving Humans, Livestock and Their Associated Health Concerns: A Review. Toxins, 14(3), 167, 2022.

[4] Wrathall, N.J., Eller, J., Barker, J., Rodrigues, N.D.N., O'Reilly, R.K., Hine, N.D.M. Towards Elucidating the Solar Instability of the Antifungal Food Preservative Natamycin: Insights From Spectroscopy. Physical Chemistry Chemical Physics, 27, 24350-24359, 2025.

[5] Davidson, P.M., Doan, C. Natamycin. In *Antimicrobials in Food*. CRC Press., 2020.

[6] Rencüzoğulları, E., Azirak, S., Canimoglu, S., Parlak, S., Buyukleyla, M. Effects of Natamycin on Sister Chromatid Exchanges, Chromosome Aberrations and Micronucleus in Human Lymphocytes. Drug and Chemical Toxicology, 32(1), 47-52, 2009.

[7] Rasgele, P.G., Kaymak, F. Evaluation of Genotoxic and Cytotoxic Effects of Natamycin in Mice Bone Marrow Cells. Pakistan Journal of Zoology, 45(4), 1103-1112, 2013.

[8] Martínez, M.A., Martínez-Larrañaga, M.R., Castellano, V., Martínez, M., Ares, I., Romero, A., Anadón, A. Effect of Natamycin on Cytochrome P450 Enzymes in Rats. Food and Chemical Toxicology, 62, 281-284, 2013.

[9] Mendes da Silva, L., Andrade-Vieira, L.F. Ecotoxicological Bioassays with Terrestrial Plants: A Holistic View of Standards, Guidelines, and Protocols. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B, 28(3), 183-221, 2025.

[10] Venkataravanappa, J.T., Saraswathi, S., Gopalkrishnashetty, Y.S., Soman, P., Gupta, N.M.L., Srivastava, S., Kumari, S. *Allium cepa* L. As a Bioindicator: A Comprehensive Review of Genotoxicity and Cytotoxicity Assessment Methods. Toxicon, 108586, 2025.

[11] Bıyıksız, G., Kalefetoğlu Macar, T., Çavuşoğlu, K., Yalçın, E. A Study Investigating the Multifaceted Toxicity Induced by Triflumuron Insecticide in *Allium cepa* L. Scientific Reports, 15(1), 24839, 2025.

[12] Kalefetoğlu Macar, T., Macar, O., Kınalıoğlu, K., Yalçın, E., Çavuşoğlu, K. Modulation of Aluminum-Induced Genotoxicity and Oxidative Stress in *Allium cepa* L. by *Ramalina pollinaria* (Westr.) Ach. Extract. Scientific Reports, 15(1), 38254, 2025.

[13] Macar, O., Kalefetoğlu Macar, T., Yalçın, E., Çavuşoğlu, K. Acute Multiple Toxic Effects of Trifloxystrobin Fungicide on *Allium cepa* L. Scientific Reports, 12(1), 15216, 2022.

[14] Fagodia, S.K., Singh, H.P., Batish, D.R., Kohli, R.K. Phytotoxicity and Cytotoxicity of *Citrus aurantiifolia* Essential Oil and Its Major Constituents: Limonene and Citral. Industrial Crops and Products, 108, 708-715, 2017.

[15] Owolarafe, T.A., Salawu, K., Ihegboro, G.O., Ononamadu, C.J., Alhassan, A.J., Wudil, A.M. Investigation of Cytotoxicity Potential of Different Extracts of *Ziziphus mauritiana* (Lam) Leaf *Allium cepa* Model. Toxicology Reports, 7, 816-821, 2020.

[16] Akinboro, A., Bakare, A.A. Cytotoxic and Genotoxic Effects of Aqueous Extracts of Five Medicinal Plants on *Allium cepa* Linn. Journal of Ethnopharmacology, 112(3), 470-475, 2007.

[17] Jalal, A., Wang, Y., Cai, C., Ayaz, A., Alabbosh, K.F., Khan, K.A., Han, S., Zhu, D. The Architecture of Adaptive Lignin Biosynthesis Navigating Environmental Stresses in Plants. Journal of Agronomy and Crop Science, 211(1), e70012, 2025.

[18] Chen, J., Xu, X., Liu, W., Feng, Z., Chen, Q., Zhou, Y., Sun, M., Gan, L., Zhou, T., Xuan, Y. Plasmodesmata Function and Callose Deposition in Plant Disease Defense. Plants, 13(16), 2242, 2024.

[19] Tenhaken, R. Cell Wall Remodeling Under Abiotic Stress. Frontiers in Plant Science, 5, 771, 2015.

[20] Karagol, S., Macar, O., Çavuşoğlu, K., Yalçın, E. Toxicological Assessment of Omethoate Insecticide in *Allium cepa* L. Scientific Reports, 15(1), 18663, 2025.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

INVESTIGATION OF THE BIOCHEMICAL TOXICITY INDUCED BY TRICHLORFON INSECTICIDE IN *ALLIUM CEPA*

Assoc. Prof. Dr. Tuğçe KALEFETOĞLU MACAR
Giresun University, tugce.macar@giresun.edu.tr-0000-0002-9946-8054

Assoc. Prof. Dr. Oksal MACAR
Giresun University, oksal.macar@giresun.edu.tr-0000-0002-5067-8712

Assoc. Prof. Dr. Ali ACAR
Giresun University, ali.acar@giresun.edu.tr-0000-0001-8617-2206

ABSTRACT

In this study, the biochemical toxicity of trichlorfon, a widely used organophosphate insecticide, on the roots of *Allium cepa* L. was investigated. *A. cepa* bulbs were exposed to different trichlorfon doses (2.5, 5.0, and 10 mg/L) for 72 hours. The control group was treated with tap water instead of trichlorfon solution. Malondialdehyde content (MDA), superoxide dismutase (SOD) activity, catalase (CAT) activity, and chlorophyll a and b levels were determined. According to the results, MDA content increased significantly with increasing trichlorfon doses. Therefore, trichlorfon disrupted membranes and caused lipid peroxidation at the cellular level. A parallel increase in SOD and CAT activities was also determined following trichlorfon exposure. The elevation of the activities of enzymatic antioxidants suggested that the defense system in root cells was activated under oxidative stress conditions. On the other hand, trichlorfon treatment significantly decreased the levels of chlorophyll a and b. Photosynthetic pigment loss demonstrated that photosynthetic capacity was suppressed by trichlorfon. The findings indicate that the selected doses of trichlorfon insecticide induced dose-dependent biochemical stress responses and caused cellular damage by overwhelming the antioxidant system in *A. cepa* root cells.

Keywords: *A. cepa*, antioxidant enzyme, chlorophyll, lipid peroxidation, trichlorfon.

ALLIUM CEPA'DA TRİKLORFON BÖCEK İLAÇLARININ NEDEN OLDUĞU BİYOKİMYASAL TOKSİSİTENİN ARAŞTIRMASI

ÖZET

Bu çalışmada, yaygın olarak kullanılan bir organofosfat insektisit olan triklorfonun *Allium cepa* L. kökleri üzerindeki biyokimyasal toksisitesi araştırılmıştır. *A. cepa* soğanları 72 saat boyunca farklı triklorfon dozlarına (2.5, 5.0 ve 10 mg/L) maruz bırakılmıştır. Kontrol grubu, deney süresince musluk suyu ile muamele edilmiştir. Malondialdehit içeriği (MDA), süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi, katalaz (CAT) aktivitesi ve klorofil a ve b seviyeleri belirlenmiştir. Sonuçlara göre, MDA içeriği triklorfon dozlarının artmasıyla önemli ölçüde artmıştır. Bu nedenle, triklorfon membranları bozdu ve hücresel düzeyde lipit peroksidasyonuna neden olmuştur. Triklorfon maruziyetinin ardından SOD ve CAT aktivitelerinde de paralel bir artış

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

tespit edilmiştir. Enzimatik antioksidanların aktivitelerinin artması, kök hücrelerinin savunma sisteminin oksidatif stres koşulları altında aktive olduğunu göstermiştir. Öte yandan, triklorfon muamelesi klorofil a ve b seviyelerini önemli ölçüde düşürmüştür. Fotosentetik pigment kaybı, fotosentetik kapasitenin triklorfon tarafından baskılanmış olduğunu göstermiştir. Bulgular, seçilen triklorfon böcek ilacı dozlarının, *A. cepa* kök hücrelerinde antioksidan sistemi aşırı yükleyerek doza bağlı biyokimyasal stres tepkileri indüklediğini ve hücresel hasara neden olduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: *A. cepa*, antioksidan enzim, klorofil, lipit peroksidasyonu, triklorfon.

1. INTRODUCTION

Herbicides, fungicides, insecticides, and other chemicals are among the almost four million tons of pesticides used annually. Approximately 3.54 million metric tons of pesticides were used worldwide in 2021, a 96% increase since 1990 [1]. Pesticides are employed during agricultural activities against unwanted factors such as insects, fungi, rodents, and weeds [2]. Nearly 300,000 people die each year from pesticide poisoning, making it a serious public health issue [1]. These chemicals are classified into five classes based on their composition: carbamates, synthetic pyrethroids, chlorophenols, organophosphates, and organochlorines [3].

The term “organophosphates" refers to a broad category of organic chemicals that contain phosphorus. They are utilized extensively worldwide and have significantly improved agricultural and industrial production as well as vector transmission management [4]. At the end of the 1930s, they were first introduced to the global market. Organophosphates currently account for 38% of all pesticides used worldwide [5]. Besides agricultural applications, these chemicals are also used in veterinary and human health to reduce the spread of diseases. Chronic or acute organophosphate exposure can cause serious toxicity in plants, animals, and humans, just as it does in insects [6]. They paralyze the nervous system in all organisms by inhibiting acetylcholinesterase and cause death [3]. Organophosphates have been shown to cause oxidative stress and damage genetic material [7,8].

Trichlorfon is a member of the organophosphate pesticide family. It is used to combat insects in agricultural products, such as soybean, cabbage, and maize [9]. It is easily soluble in water and rapidly degrades. It usually breaks down into a more toxic compound called dichlorvos [10]. Additionally, trichlorfon may contaminate soil, surface water, and groundwater and may be a risk factor for non-target organisms [11]. The use of trichlorfon at levels close to and exceeding the officially established maximum limit is prevalent, raising questions about its environmental persistence and toxicity[12]. In plants, stress caused by insecticides has also been associated with destructive effects such as decreased photosynthetic activity, genotoxicity, disruption of antioxidant enzyme systems, and growth retardation [13].

Allium cepa is used as an internationally recognized in vivo model for reliably demonstrating the effects of pollutants and toxic compounds on living systems, thanks to its easy and inexpensive availability, rapid root development, and the clear observation of the mitotic stages of root meristem cells, which are large and have a low number of chromosomes (2n = 16) [14]. Furthermore, the findings from toxicity studies based on *A. cepa* show good correlation with

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

mammalian or cell culture systems, which is one of the most important advantages of this model organism [15]. For this reason, the *A. cepa* model is currently used not only as a simple laboratory test for toxicity determination but also as a reference system in biosafety and sustainable agriculture research.

This study aimed to evaluate the biochemical responses caused by trichlorfon in *A. cepa*. For this purpose, superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT) enzyme activities, along with malondialdehyde (MDA), chlorophyll a, and chlorophyll b levels, were investigated in *A. cepa* roots treated with different trichlorfon doses.

2. MATERIALS & METHODS

In the experimental study, Merck brand trichlorfon (CAS No: 52-68-6) was used. *A. cepa* bulbs selected for similar size were placed in glass tubes with disk bodies so that they would come into contact with tap water and 2.5, 5.0, and 10 mg/L trichlorfon solutions to promote root emergence. The solutions were changed daily, and the application process was maintained at room temperature for 72 hours. Once the applications were terminated, fresh adventitious roots in contact with the solutions were harvested. Some bulbs from each group were treated with solutions for 144 hours to obtain chlorophyll a and b samples. At the conclusion of this procedure, fresh leaves were collected.

2.1. Enzyme Analysis

Fresh root tissue (0.5 g) was ground in a pre-chilled mortar with 5 mL of ice-cold 50 mM sodium phosphate buffer (pH 7.8) to obtain the enzyme extracts [16].

SOD activity was determined according to the photochemical NBT method [17]. The rate of NBT reduction by superoxide anions produced from riboflavin under light (two 15-watt fluorescent lights) was measured at 560 nm. One SOD unit is defined as the amount of enzyme that inhibits NBT reduction by 50% compared to the control group.

CAT activity was determined according to Beers and Sizer [18]. After adding the enzyme extract to phosphate buffer and hydrogen peroxide (H_2O_2) mixture to initiate the reaction, the decrease in absorbance at 240 nm was recorded. The decrease in absorbance was due to the decomposition of H_2O_2.

2.2. MDA Analysis

The MDA level was determined using the thiobarbituric acid (TBA) method [19]. Root tips (0.5 g) were homogenized in 1 mL of 5% trichloroacetic acid (TCA) solution. Firstly, the homogenate was centrifuged (12,000 g for 10 min) and the supernatant was collected. The supernatant, 0.5% thiobarbituric acid (TBA) and 20% TCA were mixed. The mixture was heated at 96 °C for 30 min and the reaction was terminated using an ice bath. After a final centrifugation (10,000 g for 5 min), the absorbance of the supernatant was read at 532 nm.

2.3. Photosynthetic Pigment Analysis

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Chlorophyll content in *A. cepa* leaves was assessed following a six-day treatment period. Pigment extraction from 0.2 g leaves was performed using 80% acetone [20]. Following a one-week-incubation process in the dark, the samples were filtered. Absorbance of the chlorophyll extract was recorded at 645 nm and 663 nm using a spectrophotometer. The concentrations of chlorophyll a and chlorophyll b were calculated using the equations given by Witham et al. [21].

2.4. Statistical Analysis

Data are presented as mean ± standard deviation, and differences between groups were statistically evaluated using one-way ANOVA and Duncan's test ($p < 0.05$).

3. RESULTS & DISCUSSION

Trichlorfon application caused significant dose-dependent changes in the biochemical parameters of *A. cepa* root cells (Table 1). MDA levels gradually increased compared to the control group and reached the highest value at 10 mg/L application. At the highest dose, the MDA level rose to 21.3 ± 1.54 µM/g FW. Stress causes plants to produce reactive oxygen species (ROS), which build up and cause oxidative damage to the lipid bilayer of cell membranes as well as the formation of MDA. As a result, MDA content can reveal the degree of membrane lipid peroxidation and the capacity of cells to self-repair, both of which are crucial markers of how plants react to stress [22].

SOD and CAT activities also increased in parallel with trichlorfon concentration (Table 1). SOD activity increased from 112 ± 2.14 U/mg FW in the control to 199 ± 2.92 U/mg FW at the highest trichlorfon concentration. In addition, CAT activity, which was determined as 1.14±0.22 $OD_{240\ nm}$ min/g FW in the control group, rose to 2.40±0.53 $OD_{240\ nm}$ min/g FW in the TCF III group (Table 1). ROS overaccumulation defines oxidative stress and can disturb cellular homeostasis, damage biomolecules, and trigger antioxidant defense mechanisms. In fact, plants are equipped with defense systems that help eliminate ROS to cope with oxidative damage [23]. Elevation of SOD and CAT activities following trichlorfon administration suggests that the plant developed a defense response to balance oxidative stress. However, this mechanism was insufficient at higher doses of the pesticide. Indeed, the significant decrease in chlorophyll a and b content suggests that photosynthetic pigments are degraded by trichlorfon and that chloroplast structure is damaged. Chlorophyll a and b contents dropped from 19.5 ± 1.28 mg/g FW and 9.25 ± 0.88 mg/g FW in the control to 8.75 ± 0.86 mg/g FW and 4.00 ± 0.52 mg/g FW, respectively, in the TCF III group (Table 1). Chlorophyll a and chlorophyll b are the primary pigments in plants that absorb light energy and regulate electron transport during photosynthesis. Under pesticide stress, the synthesis of these pigments may be suppressed or their degradation is accelerated. In both cases, photosynthetic capacity decreases [24]. In addition, the structure of pigments can be damaged by an increase in ROS in chloroplast internal membrane structures [25]. Pesticides can also inhibit the expression or activity of critical enzymes such as HEMA and protoclorophyllide reductase in the tetrapyrrole pathway, which is involved in chlorophyll synthesis [26]. Furthermore, exposure to pesticides can disrupt the uptake or transport of central atoms in chlorophyll, such as magnesium, iron, or manganese.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Because of this disruption, the structural integrity and light-harvesting functions of pigment molecules are lost [13].

Numerous studies demonstrated that pesticide applications cause significant decreases in chlorophyll levels in leaves. Indeed, certain pesticides, such as pyrethroids, carbamates, and organophosphates, have been shown to adversely impact photosynthesis [27]. These decreases also suggest that the light-harvesting capacity and CO_2 fixation of plants were disrupted [28].

To the best of our knowledge, there is no comprehensive study directly demonstrating trichlorfon-induced modulation of SOD and CAT activities in higher plants. Available data on this pesticide are mostly limited to microalgae, where trichlorfon reduces chlorophyll content and impairs photosynthetic performance, and to animal models, in which trichlorfon consistently triggers oxidative stress and upregulates antioxidant enzymes [29-32]. Catalgol et al. [30] also reported that trichlorfon induced an accumulation in MDA content of human erythrocides. Our findings in *A. cepa* provide novel evidence that trichlorfon exposure can activate antioxidant defense responses and alter redox homeostasis in a higher plant system. In the current literature, the clearest evidence that trichlorfon reduces chlorophyll content is limited to studies reporting a significant decrease in chlorophyll a levels and photosynthetic performance with increasing doses, particularly in chlorophyll-containing *Scenedesmus bijuga* and *Chlamydomonas reinhardtii* [29,33]. However, there is no comprehensive study directly showing that trichlorfon alone reduces chlorophyll a and b levels in higher plants.

Table 1. Biochemical toxicity induced by trichlorfon insecticide.

Groups	SOD (U/mg FW)	CAT ($OD_{240\ nm}$ min/g FW)	MDA (µM/g FW)	Chlorophyll a (mg/g FW)	Chlorophyll b (mg/g FW)
Control	112 ± 2.14^{d}	1.14 ± 0.22^{d}	8.75 ± 0.82^{d}	19.5 ± 1.28^{a}	9.25 ± 0.88^{a}
TCF 1	138 ± 2.39^{c}	1.46 ± 0.34^{c}	11.9 ± 0.98^{c}	15.0 ± 1.13^{b}	7.60 ± 0.76^{b}
TCF II	168 ± 2.63^{b}	1.95 ± 0.46^{b}	15.2 ± 1.28^{b}	11.7 ± 0.96^{c}	6.20 ± 0.68^{c}
TCF III	199 ± 2.92^{a}	2.40 ± 0.53^{a}	21.3 ± 1.54^{a}	8.75 ± 0.86^{d}	4.00 ± 0.52^{d}

Control: Tap water, TCF I: 2.5 mg/L trichlorfon, TCF II: 5.0 mg/L trichlorfon, TCF III: 10 mg/L trichlorfon. Different letters ($^{a-d}$) in the same column indicate a significant difference between means at $p<0.05$. SOD: superoxide dismutase, CAT: catalase, MDA: malondialdehyde.

4. CONCLUSION

In general, these results demonstrate that trichlorfon causes dose-dependent oxidative stress and enzymatic imbalances in *A. cepa*. Even though enzymatic antioxidants were activated in response to trichlorfon exposure, membrane damage was inevitable at every application dose. The decrease in chlorophyll levels indicates that the pesticide does not immobilize in the roots where it is applied but is transported to the leaves, where its toxicity is also effective. These findings emphasize that pesticides can disrupt biochemical homeostasis and photosynthesis in plant systems. It is recommended that future research include more parameters.

REFERENCES

[1] Yasemi, M., Jalali, A., Asadzadeh, M., Komijani, M. Organophosphate Pesticides and Their Potential in the Change of Microbial Population and Frequency of Antibiotic Resistance Genes in aquatic environments, Chemosphere, 376, 144296, 2025.

[2] Tesi, G.O., Okpara, K.E., Tesi, J.N., Agbozu, I.E., Techato, K. Assessment of Organophosphate Pesticides in Soils and Vegetables from Agricultural Areas of Delta Central District, Nigeria, Scientific Reports, 15, 8267, 2025.

[3] Mdeni, N.L., Adeniji, A.O., Okoh, A.I., Okoh, O.O. Analytical Evaluation of Carbamate and Organophosphate Pesticides in Human and Environmental Matrices: A Review, Molecules, 27(3), 618, 2022.

[4] Chen, Y., Yang, Z., Nian, B., Yu, C., Maimaiti, D., Chai, M., Yang, X., Zang, X., Xu, D. Mechanisms of Neurotoxicity of Organophosphate Pesticides and Their Relation to Neurological Disorders, Neuropsychiatric Disease and Treatment, 2237-2254, 2024.

[5] Millán, D., Tapia, R.A., Pavez, P. Efficient Nucleophilic Degradation of an Organophosphorus Pesticide "Diazinon" Mediated by Green Solvents and Microwave Heating, Frontiers in Chemistry, 6, 669, 2018.

[6] Sidhu, G.K., Singh, S., Kumar, V., Dhanjal, D.S., Datta, S., Singh, J. Toxicity, Monitoring and Biodegradation of Organophosphate Pesticides: A Review, Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 49(13), 1135-1187, 2019.

[7] Shabbir, M., Singh, M., Maiti, S., Saha, S.K. Organophosphate Pesticide (Chlorpyrifos): Environmental Menace; Study Reveals Genotoxicity on Plant and Animal Cells, Environmental Challenges, 5, 100313, 2021.

[8] Fghihi-Zarandi, A., Dabaghzadeh, F., Vaziri, A., Karami-Mohajeri, S., Ghorbaninejad, B., Zamani, A., Rahimi-Sadegh, K. Occupational Risk Assessment of Organophosphates with an Emphasis on Psychological and Oxidative Stress Factors, Toxicology and Industrial Health, 38(6), 342-350, 2022.

[9] Li, Q., Wang, P., Zou, C., Ge, F., Li, F., Liu, Y., Zhang, D., Tian, J. Dynamics of dominant rhizospheric microbial communities responsible for trichlorfon absorption and translocation in maize seedlings, Journal of Hazardous Materials, 451, 131096, 2023.

[10] Silva, H.C.M.D., Lobo, I.K.C., Silva, A.G.D., Gomes, A.L.S., Duncan, W.P., Silva, J.C., Lopes, F.M., Artoni, R.F., Matoso, D.A. Transcriptomic Analysis of Tambaqui (*Colossoma macropomum*) Exposed to Trichlorfon-Induced Toxicity, Animals, 15(12), 1807, 2025.

[11] Meng, H.H., Liu, W.Y., Zhao, W.L., Zheng, Q., Wang, J.S. Study on the Acute Toxicity of Trichlorfon and Its Breakdown Product Dichlorvos to Goldfish (*Carassius auratus*) Based on 1H NMR Metabonomics, Environmental Science and Pollution Research, 30(60), 125664-125676, 2023.

[12] Wang, X., Liu, P., Yang, L., Zheng, W., Zhu, L., Kong, X. Integrated Analysis of Trichlorfon-Induced Intestinal Toxicity in *Micropterus salmoides*: Barrier Impairment,

Microbiome Disruption, and Metabolic Reprogramming, Fish & Shellfish Immunology, 110988, 2025.

[13] Zhang, B., Lv, F., Yang, J. Pesticides Toxicity, Removal and Detoxification in Plants: A Review, Agronomy, 14(6), 1260, 2024.

[14] Yılmaz, H., Yalçın, E., Çavuşoğlu, K. Multifaceted Investigation of Toxicity Induced by Overdoses of Trace Element Iron with the *Allium cepa*, Scientific Reports, 15, 33263, 2025.

[15] Nicuță, D., Grosu, L., Patriciu, O.I., Voicu, R.E., Alexa, I.C. The *Allium cepa* Model: A Review of Its Application as A Cytogenetic Tool for Evaluating the Biosafety Potential of Plant Extracts, Methods and Protocols, 8(4), 88, 2025.

[16] Zou, J., Yue, J., Jiang, W., Liu, D. Effects of Cadmium Stress on Root Tip Cells and Some Physiological Indexes in *Allium cepa* var. *agrogarum* L., Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica, 54, 129-141, 2012.

[17] Beauchamp, C., Fridovich, I. Superoxide Dismutase: Improved Assays and An Assay Applicable to Acrylamide Gels, Analytical Biochemistry, 44, 276-287, 1971.

[18] Beers, R.F., Sizer, I.W. Colorimetric Method for Estimation of Catalase, Journal of Biological Chemistry, 195, 133-139, 1952.

[19] Ünyayar, S., Celik, A., Çekiç, F.Ö., Gözel, A. Cadmium-Induced Genotoxicity, Cytotoxicity and Lipid Peroxidation in *Allium sativum* and *Vicia faba*, Mutagenesis, 21, 77-81, 2006.

[20] Kaydan, D., Yagmur, M., Okut N. Effects of Salicylic Acid on the Growth and Some Physiological Characters in Salt Stressed Wheat (*Triticum aestivum* L.), Journal of Agricultural Science, 13, 114-119, 2007.

[21] Witham, F.H., Blaydes, D.R., Devlin, R.M, *Experiments in Plant Physiology*, Van Nostrand Reinhold Co, 1971.

[22] Wen, J., Chai, X., Huang, X., Yang, H., Lei, T., Dong, S., Li, R., Wang, J., Zhou, Y. PfPAH1-1 Gene Enhances Plant Tolerance to Low Phosphate Stress by Modulating Cell Membrane Lipid Remodeling, Plant Physiology and Biochemistry, 221, 109593, 2025.

[23] Usman, I.M., Etukudo, E.M., Owembabazi, E., Makena, W., Oviosun, A., Danladi, M., Ojiakor, V., Aja, P.M., Anyanwu, E., Rosales, Y.D., Diaz, M.E.F., Ifie, J., Adeniyi, I.A., Fasogbon, I.V., Archibong, V.B., Medicinal Plants with Neuroprotective Potential in East African Countries: A Systematic Review, Phytomedicine Plus, 100744, 2025.

[24] Tan, W., Yin, Q., Zhao, H., Wang, M., Sun, X., Cao, H., Wang, D., Li, Q. Disruption of Chlorophyll Metabolism and Photosynthetic Efficiency in Winter Jujube (*Ziziphus jujuba*) Induced by *Apolygus lucorum* Infestation, Frontiers in Plant Science, 16, 1536534, 2025.

[25] Croce, R., Carmo-Silva, E., Cho, Y.B., Ermakova, M., Harbinson, J., Lawson, T., McCormick, A.J., Niyogi, K.K., Ort, D.R., Patel-Tuppel, D., Pesaresi, P., Raines, C., Weber, A.P.M., Zhu, X.G. Perspectives on Improving Photosynthesis to Increase Crop Yield, The Plant Cell, 36(10), 3944-3973, 2024.

[26] Eckhardt, U., Grimm, B., Hörtensteiner, S. Recent Advances in Chlorophyll Biosynthesis and Breakdown in Higher Plants, Plant Molecular Biology, 56, 1-14, 2004.

[27] Coskun, Y., Kilie, S., Duran, R.E. The Effects of the Insecticide Pyriproxyfen on Germination, Development and Growth Responses of Maize Seedlings, Fresenius Environmental Bulletin, 24, 278, 2015.

[28] Žunić, A., Maksimović, I., Putnik-Delić, M., Vuković, S., Šunjka, D., Lazić, S., Bošković, D. Influence of Insecticides on Physiological and Biochemical Processes in Peach Leaves (*Prunus persica* L.), Polish Journal of Environmental Studies, 34(5), 5989-5997, 2025.

[29] Fathi, A.A. Some Metabolic Activities in the Green Alga *Scenedesmus bijuga* as Affected by the Insecticide Trichlorfon, Protistology, 3(2), 92-98, 2003.

[30] Catalgol, B.K., Ozden, S., Alpertunga, B. Effects of Trichlorfon on Malondialdehyde and Antioxidant System in Human Erythrocytes, Toxicology in Vitro, 21(8), 1538-1544, 2007.

[31] Woo, S.J., Chung, J.K. Effects of Trichlorfon on Oxidative Stress, Neurotoxicity, and Cortisol Levels in Common Carp, *Cyprinus carpio* L., at Different Temperatures, Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology, 229, 108698, 2020.

[32] Zhang, C., He, F., Chen, L. Phytoremediation of Cadmium-Trichlorfon Co-Contaminated Water by Indian Mustard (*Brassica juncea*): Growth and Physiological Responses, International Journal of Phytoremediation, 26(2), 263-272, 2024.

[33] Wan, L., Wu, Y., Ding, H., Zhang, W. Toxicity, Biodegradation, and Metabolic Fate of Organophosphorus Pesticide Trichlorfon on the Freshwater Algae *Chlamydomonas reinhardtii*, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 68(6), 1645-1653, 2020.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

INVESTIGATION OF BARIUM-INDUCED MERISTEMATIC CELL DAMAGE IN *ALLIUM CEPA*

Assoc. Prof. Dr. Oksal MACAR
Giresun University, oksal.macar@giresun.edu.tr-0000-0002-5067-8712

Assoc. Prof. Dr. Tuğçe KALEFETOĞLU MACAR
Giresun University, tugce.macar@giresun.edu.tr-0000-0002-9946-8054

Assoc. Prof. Dr. Ali ACAR
Giresun University, ali.acar@giresun.edu.tr-0000-0001-8617-2206

ABSTRACT

Barium (Ba) is an element in the alkaline earth metals group of the periodic table, widely found in nature and classified as a heavy metal due to its high atomic weight. Its accumulation in nature is increasing due to various industrial and anthropogenic activities. This study aimed to investigate the anatomical effects of Ba, which shows severe toxic effects in living organisms, in *A. cepa* roots. Sublethal Ba doses (25 mg/L, 50 mg/L and 100 mg/L) were selected as test solutions for *A. cepa*. Cross-sections were taken from adventitious roots of *A. cepa* bulbs treated with these solutions for 72 hours to analyze root meristematic integrity. In order to monitor the usual meristematic structure of the root cells, a control group treated with tap water during the experiment was established. Ba-induced meristematic damage included epidermis and cortex cell damage, binucleated cell, flattened nucleus and giant nucleus. The level of these abnormalities was greater as the dose of Ba administered increased. Considering the findings obtained from this study, it is recommended that research on Ba toxicity should be expanded to include various parameters, including genotoxicity and oxidative stress.

Keywords: *Allium cepa*, anatomical structure, barium, heavy metal, meristematic cell.

ALLIUM CEPA'DA BARYUM İLE İNDÜKLENEN MERİSTEMATİK HÜCRE HASARININ ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Baryum (Ba), periyodik tablonun toprak alkali metaller grubunda yer alan, doğada yaygın olarak bulunan ve yüksek atom ağırlığı nedeniyle ağır metal olarak sınıflandırılan bir elementtir. Çeşitli endüstriyel ve antropojenik faaliyetler nedeniyle doğadaki birikimi artmaktadır. Bu çalışmada, canlı organizmalarda ciddi toksik etkiler gösteren Ba'nın *A. cepa* köklerindeki anatomik etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. *A. cepa* için subletal Ba dozları (25 mg/L, 50 mg/L ve 100 mg/L) test çözeltileri olarak seçilmiştir. Kök meristematik bütünlüğünü analiz etmek için 72 saat boyunca bu çözeltilerle muamele edilen *A. cepa* soğanlarının adventif köklerinden kesitler alınmıştır. Kök hücrelerinin olağan meristematik yapısını izlemek için, deney sırasında musluk suyu ile muamele edilen bir kontrol grubu oluşturulmuştur. Ba ile indüklenen meristematik hasar epidermis ve korteks hücre hasarı, çift

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

çekirdekli hücre, düzleşmiş çekirdek ve dev çekirdekti. Bu anormalliklerin seviyesi, uygulanan Ba dozu arttıkça daha fazla olmuştur. Bu çalışmadan elde edilen bulgular göz önüne alındığında, Ba toksisitesi üzerine yapılan araştırmaların genotoksisite ve oksidatif stres gibi çeşitli parametreleri içerecek şekilde genişletilmesi önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: *Allium cepa*, anatomik yapı, baryum, ağır metal, meristematik hücre.

1. INTRODUCTION

Barium (Ba) is an element in the group of alkaline earth metals of the periodic table [1]. It has an atomic mass of 137.34, an atomic number of 56, a silver color, and a soft texture. This element, which takes its name from the Greek word “barys” meaning “heavy,” has many compounds in nature, such as barium carbonate ($BaCO_3$), barium bicarbonate ($BaHCO_3$), barium hydroxide ($Ba(OH)_2$), barium chloride ($BaCl_2$), barium sulfate ($BaSO_4$), barium nitrate ($BaNO_3$), barium acetate ($Ba(CH_3COO)_2$), and barium fluoride (BaF_2) [2]. It is classified as a heavy metal due to its high atomic weight and toxicity [1]. Its accumulation in nature is increasing due to various industrial and anthropogenic activities, including refining, ore mining, and the manufacturing of Ba salts. Ba used in the production of products such as glass, cement, rubber, soap, and linoleum, is also utilized in various compounds in industries such as cosmetics, paint, pharmaceuticals, and electronics [2].

Ba, known for its high toxicity to plants and mammals, is defined as nonessential for living organisms. It is a hiperelectropositive and reactive element and is usually taken through the food chain or contaminated water, and causes cardiovascular, nephrological, and neurological disorders in the human body by blocking potassium channels [3]. The genotoxic and carcinogenic properties of Ba compounds have also been documented in numerous studies [4,5]. A study conducted with *Cucumis sativus* L. emphasized that Ba stress created by increasing Ba concentration applications reduced shoot and root dry biomass production, while increasing the activities of catalase, ascorbate peroxidase, and guaiacol peroxidase enzymes [6]. The toxicity of Ba is largely affected by the solubility of the compounds that this element can form with certain anions. For example, while the solubility of $BaSO_4$ is very low (0.0025 g/L in water at 20 ℃), the solubility of $BaCl_2$ is relatively high (370 g/L in water at 25 ℃) [7]. The maximum allowable concentration limit for Ba in drinking water, according to US Environmental Protection Agency (USEPA) regulations, is 2 mg/L, with concentrations in soil and plants ranging from 15-3500 mg/L and 4-50 mg/L, respectively [8]. It has been estimated that bread, which has a significant consumption rate in our country and around the world, accounts for 20% of daily barium intake, and that the estimated mean barium levels in body tissues are approximately 20 mg [9].

Since Levan's first study to observe the effects of colchicine on the cell cycle of the *Allium cepa* plant, plants have been extensively used to understand the toxicology of many pollutants. Finally, in the 1980s, the Genetic Toxicology Program recognized plants as sensitive and reliable systems for distinguishing between clastogenic, mutagenic, and carcinogenic substances. Since then, while *Vicia faba*, *Arabidopsis thaliana*, *Hordeum vulgare*, *Glycine max*, *Tradescantia paludosa*, and *Zea mays* L. have been used as plant bioindicators, *A. cepa* has gained prominence in toxicology studies due to its many advantages, such as its rapidly growing

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

root system [10]. Another advantage of the plant is that the tips of the adventitious roots extend toward the test solutions and are the first parts to come into contact with them. Thus, the young and sensitive cells in the already rapidly growing roots offer researchers the opportunity to easily monitor the damage caused by toxic contaminants at the cellular level [11].

Although various salts of Ba have been the subject of plant-based cytotoxicity, genotoxicity, and physiological research, to our knowledge, the anatomical damage that this element can cause in the plant root system has not yet been determined. The aim of this study was to examine the toxicity of Ba in *A. cepa* root meristem cells from an anatomical perspective. To this end, sections taken from root cells were subjected to microscopic examination.

2. MATERIALS & METHODS

In this study, *A. cepa* bulbs of similar size purchased from a market in Giresun were used. In the laboratory, bulbs with old adventitious roots shaved off were treated with tap water and 25 mg/L (low stress level), 50 mg/L (medium stress level), and 100 mg/L (high stress level) $BaCl_2$ solutions for 72 hours. The control group was the group treated with tap water. Preliminary trials conducted to select $BaCl_2$ doses revealed that the lowest application dose caused growth-retarding stress, while the highest application dose was sublethal but caused significant growth inhibition. The $BaCl_2$ solutions were replaced daily with freshly prepared solutions.

2.1. Analysis of Meristamatic Cell Integrity

Once the solution treatment process conducted in the dark was completed, cross-sections of the root tips were taken using a sharp razor blade. The sections were stained with a methylene blue solution (2%) dropped onto 10 different slides (n=10) and photographed under a microscope (400X magnification). A scale of 0-3 ((0): no damage, (1): slightly damaged, (2): moderately damaged, (3): severely damaged) was used to indicate the severity of damage to root sections.

2.2. Statistical Analysis

To evaluate the statistical differences between groups, one-way ANOVA and Duncan's test were used ($p < 0.05$).

3. RESULTS & DISCUSSION

Figure 1 and Table 1 demonstrate the effect of Ba on the meristematic integrity of *A. cepa* roots. Normal cellular structures in the group treated with tap water (control) are shown in Figures 1a, 1c, and 1e, while the normal nucleus appearance is shown in Figure 1g. On the other hand, epidermal and cortical cell damage (Figures 1b and 1d), cells with two nucleoli (Figure 1f), flattened nuclei (Figure 1h), and giant nuclei (Figure 1i) were observed in the groups exposed to $BaCl_2$ solutions. In the BA I group treated with a 25 mg/L $BaCl_2$ solution, epidermal cell damage and cortex damage were present, along with flattening of the cell nucleus, and these damages were mild in severity based on their frequency of occurrence (Table 1). In the BA II group exposed to moderate (50 mg/L) Ba stress, these three damages observed in the BA I group increased to a moderate level. In the BA II group, binucleated cells and giant nuclei, which were not present in the BA I group, were also observed at a mild level (Table 1). Severe

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

levels of epidermis and cortex cell damage and flattened and giant nuclei were determined in the root meristem cells of the BA III group treated with the highest dose of $BaCl_2$. Cells with binucleolus-type damage in this group has also increased to a moderate level. These findings reveal that Ba triggers cellular damage even at low doses, and that the severity of this damage increases with increasing Ba dose. The deterioration of epidermal cells appears to be an activity that occurs as a result of the cells approaching each other and squeezing together to prevent Ba from entering the inner parts. However, the damage to the cortex cells may indicate that this defense was insufficient in preventing Ba from being transported to the inner parts. According to the findings of the study (Table 1), Ba disrupted cell homeostasis, leading to large and flattened nuclei, thereby also disrupting nuclear morphology in *A. cepa* root cells. This study demonstrates for the first time that Ba disrupts the integrity and nuclear organization of *A. cepa* root meristem cells. Since the $BaCl_2$ form has high solubility, facilitating its uptake by the plant, the damage occurred largely due to an increase in the intracellular concentration of Ba [5]. Binucleolar cells may be associated with the activation of NOR regions, which are normally silent, due to the genotoxicity of Ba on rDNA regions, and consequently with the accumulation of multiple nucleoli [12]. An increased nucleolus count indicates that the cell is under stress and requires a large amount of protein synthesis, and that ribosome synthesis is being attempted to produce these proteins. Therefore, this study has also confirmed that the nucleolus is a structure that responds to stress [13]. Previous studies have shown that giant nuclei can form in *A. cepa* cells under stress [14,15]. Çavuşoğlu et al. [16] suggested that giant nuclei are associated with impaired mitotic division in cells. Indeed, Çanlı [17] previously reported that Ba reduced mitotic division in the roots of the *Lens culinaris* plant and caused numerous chromosomal abnormalities. Heavy metals exert these effects either by direct contact with genetic material or through the synthesis of reactive oxygen species (ROS). Ba ions may trigger ROS formation in root meristem cells, leading to oxidative stress-induced protein oxidation, DNA damage such as breaks, and membrane damage associated with lipid peroxidation, which may be related to abnormalities in meristem tissues.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

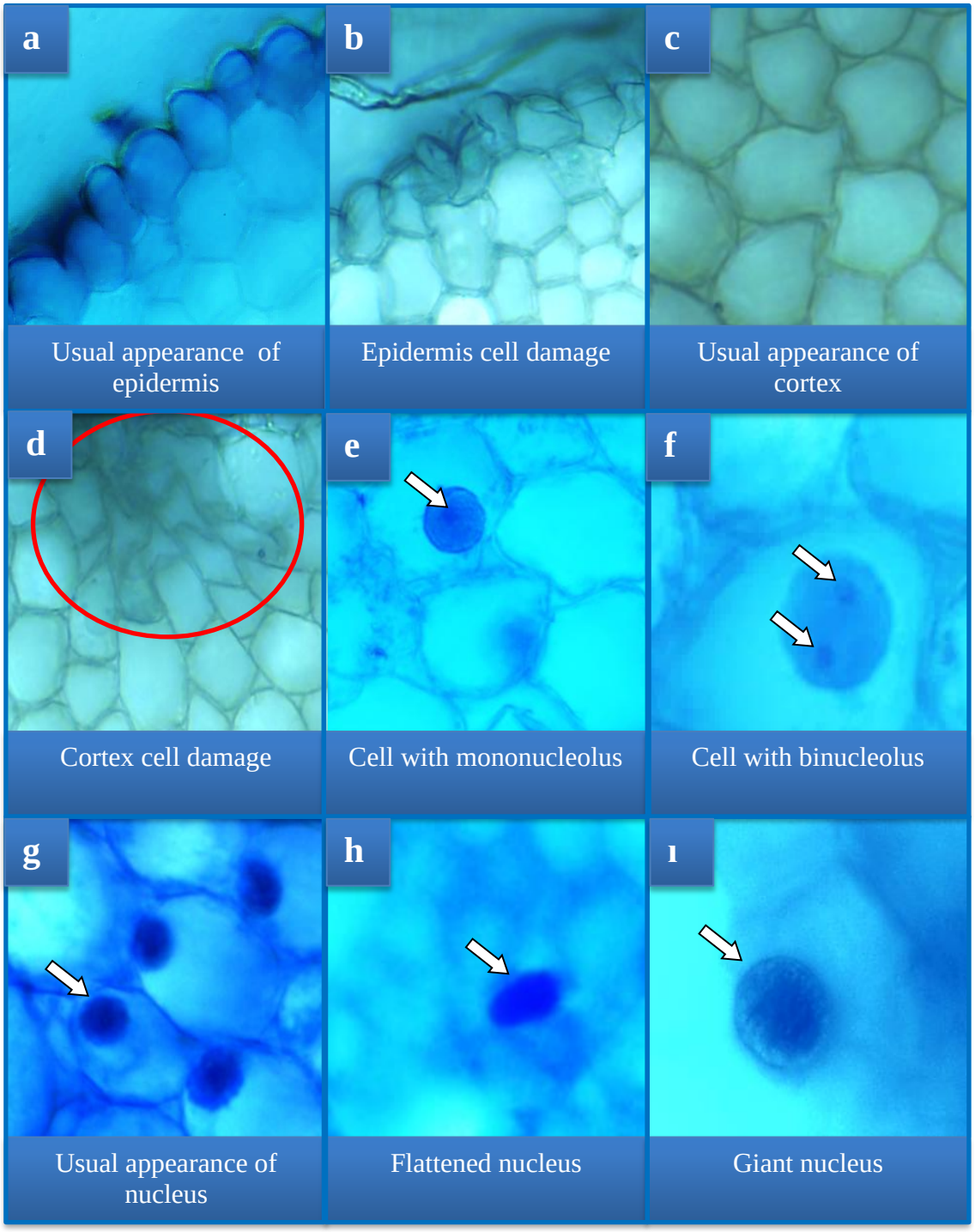


Figure 1. Ba-induced meristematic cell damages.

Table 1. Severity of meristematic cell damage induced by Ba administration.

Groups	ECD	CCD	CBN	FN	GN
Control	-	-	-	-	-
BA I	+	+	-	+	-
BA II	++	++	+	++	+
BA III	+++	+++	++	+++	+++

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Control: Tap water, BA I: 25 mg/L $BaCl_2$, BA II: 50 mg/L $BaCl_2$, BA III: 100 mg/L $BaCl_2$. ECD: epidermis cell damage, CCD: cortex cell damage, CBN: cell with binucleolus, FN: flattened nucleus, GN: giant nucleus. (0): no damage, (1): slightly damaged, (2): moderately damaged, (3): severely damaged.

4. CONCLUSION

Based on the findings of this study, it can be concluded that Ba causes meristematic and nuclear damage in *A. cepa* even at sublethal doses. It has been found that all abnormalities occurring at the epidermis, cortex, and nucleus levels significantly increase with rising Ba concentrations. Therefore, Ba caused stress that would produce a cellular and nuclear response-damage. The presence of binucleate and giant-nucleated cells indicates that Ba affects mitotic order, nuclear organization, and ribosomal activity. The high solubility of $BaCl_2$ facilitates its easy uptake by plant roots and allows for rapid examination of damage. Furthermore, the findings suggest that the anatomical damage is also associated with genotoxicity and biochemical toxicity. Future studies expanded to include these parameters will contribute to elucidating the damage mechanism of Ba.

REFERENCES

[1] Copeland, C.S., Rock, K.L., Pinhal, A., Chapman, R.C., Chilcott, R.P. A Fatal Case Report of Barium Chloride Toxicity. Journal of Analytical Toxicology, 47(2), 33-41, 2023.

[2] Choudhary, L.K., Kumar, A. Concentration-Dependent Dual Effects of Exogenous Barium on Growth, Oxidative Stress, and Antioxidative Enzymes in *Triticum aestivum*. Russian Journal of Plant Physiology, 72(4), 123, 2025.

[3] Chagas, B.R., de Magalhães Câmara, V., Naka, K.S., de Queiroz, T.K.L., de Cássia dos Santos Mendes, L., de Jesus, I.M., de Oliveira Lima, M., Meyer, A. The First Report of Environmental Exposure to Barium in 10 Localities Close to Industrial Areas and Ports in the Amazon. International Journal of Environmental Research and Public Health, 22(1), 109, 2025.

[4] Wise, S.S., Schuler, J.H., Katsifis, S.P., Wise Sr, J.P. Barium Chromate is Cytotoxic and Genotoxic to Human Lung Cells. Environmental and Molecular Mutagenesis, 42(4), 274-278, 2003.

[5] Elwej, A., Ben Salah, G., Kallel, C., Fakhfakh, F., Zeghal, N., Ben Amara, I. Protective Effects of Pomegranate Peel against Hematotoxicity, Chromosomal Aberrations, and Genotoxicity Induced by Barium Chloride in Adult Rats. Pharmaceutical Biology, 54(6), 964-974, 2016.

[6] Sleimi, N., Kouki, R., Hadj Ammar, M., Ferreira, R., Pérez-Clemente, R. Barium Effect on Germination, Plant Growth, and Antioxidant Enzymes in *Cucumis sativus* L. Plants. Food Science and Nutrition, 9(4), 2086-2094, 2021.

[7] Willems, D.J., Kumar, A., Nugegoda, D. Chronic Toxicity of Dissolved Barium and Sodium Chloride to the Water Flea *Ceriodaphnia dubia*: Implications for Unconventional Gas Flowback–Produced Waters. Environmental Toxicology and Chemistry, 44(1), 169-183, 2025.

[8] Choudhary, L.K., Kumar, A. (2024). Geochemistry, Distribution and Toxicity of Barium in Terrestrial Ecosystem. Environmental Science, 3(2), 140, 2024.

[9] Peana, M., Medici, S., Dadar, M., Zoroddu, M.A., Pelucelli, A., Chasapis, C.T., Bjørklund, G. (2021). Environmental Barium: Potential Exposure and Health-Hazards. Archives of Toxicology, 95(8), 2605-2612, 2021.

[10] Mendes da Silva, L., Andrade-Vieira, L.F. Ecotoxicological Bioassays with Terrestrial Plants: A Holistic View of Standards, Guidelines, and Protocols. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B, 28(3), 183-221, 2025.

[11] da Cunha Neto, A.R., Da Silva, I.G., Calvelli, J.V.B., Martins, G.E.C., Carvalho, M., Barbosa, S. Toxicity of Heavy Metals that Affect Germination, Development and Cell Cycle of *Allium cepa* L. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 111(2), 22, 2023.

[12] Boulon, S., Westman, B.J., Hutten, S., Boisvert, F.M., Lamond, A.I. The Nucleolus Under Stress. Molecular Cell, 40(2), 216-227, 2010.

[13] Lindström, M.S., Latonen, L. The Nucleolus as a Stress Response Organelle. In *Proteins of the Nucleolus: Regulation, Translocation, & Biomedical Functions*. Dordrecht: Springer Netherlands, 2013.

[14] Çavuşoğlu, K., Kalefetoğlu Macar, T., Macar, O., Çavuşoğlu, D., Yalçın, E. Comparative Investigation of Toxicity Induced by UV-A and UV-C Radiation Using Allium Test. Environmental Science and Pollution Research, 29(23), 33988-33998, 2022.

[15] Kaya, M., Çavuşoğlu, K., Yalçin, E., Acar, A. DNA Fragmentation and Multifaceted Toxicity Induced by High-Dose Vanadium Exposure Determined by the Bioindicator Allium Test. Scientific Reports, 13(1), 8493, 2023.

[16] Çavuşoğlu, D., Kalefetoğlu Macar, T., Macar, O., Yalçın, E., Çavuşoğlu, K. Extenuating Role of Lycopene Against 254-nm UV-C Radiation-Mediated Damages in *Allium cepa* L. Roots. Environmental Science and Pollution Research, 28(34), 47429-47438, 2021.

[17] Çanlı, M. A New Perspective to Aberrations Caused by Barium and Vanadium Ions on *Lens culinaris* Medik. Ecotoxicology and Environmental Safety, 160, 19-23, 2018.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

A STUDY ON THE PHYSIOLOGICAL TOXICITY OF CHOCOLATE BROWN HT (E155) IN *ALLIUM CEPA*

Assoc. Prof. Dr. Oksal MACAR
Giresun University, oksal.macar@giresun.edu.tr-0000-0002-5067-8712

Assoc. Prof. Dr. Tuğçe KALEFETOĞLU MACAR
Giresun University, tugce.macar@giresun.edu.tr-0000-0002-9946-8054

Assoc. Prof. Dr. Ali ACAR
Giresun University, ali.acar@giresun.edu.tr-0000-0001-8617-2206

ABSTRACT

Chocolate Brown HT is a synthetic azo dye known by the code E155 in foods. It is generally used in chocolate-containing products, beverages, baked goods, snacks, drinks, and some animal feeds. In addition to its use in foods, azo dyes are also used in textile products, pharmaceuticals, and cosmetic materials. *Allium cepa* is a bioindicator organism which can be used to monitor the effects of cytotoxic chemicals on development due to its rapidly growing adventitious root system. This study focused on investigating the potential physiological toxicity of Chocolate Brown HT dye in *A. cepa* bulbs. For this purpose, five separate groups were established and exposed to Chocolate Brown HT solutions at concentrations of 4 µg/L, 8 µg/L, 16 µg/L, and 32 µg/L, and tap water, respectively. The solution application period was 72 hours. The percentage of rooting observed with adventitious root emergence in *A. cepa* exposed to Chocolate Brown HT decreased as the solution concentration increased. Rising concentrations of the dye also caused a decrease in total bulb weight and average adventitious root length. Therefore, the study findings revealed that Chocolate Brown HT dye suppressed growth and development in *A. cepa* depending on the application dose. Further studies investigating the toxicity of Chocolate Brown HT, which is still legally permitted for use in our country, would be appropriate.

Keywords: *Allium cepa*, azo dyes, Chocolate Brown HT, growth, toxicity.

ALLIUM CEPA'DA CHOCOLATE BROWN HT (E155)'NİN FİZYOLOJİK TOKSİSİTESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

ÖZET

Chocolate Brown HT, gıdalarda E155 kodu ile bilinen sentetik bir azo boyasıdır. Genellikle çikolata içeren ürünlerde, içeceklerde, unlu mamullerde, atıştırmalıklarda ve bazı hayvan yemlerinde kullanılır. Gıdalarda kullanımının yanı sıra, azo boyaları tekstil ürünlerinde, ilaçlarda ve kozmetik malzemelerde de kullanılır. *Allium cepa*, hızlı büyüyen adventif kök sistemi nedeniyle sitotoksik kimyasalların gelişim üzerindeki etkilerini izlemek için kullanılabilen bir biyoindikatör organizmadır. Bu çalışma, *A. cepa* bulblarında Chocolate Brown HT boyasının potansiyel fizyolojik toksisitesini araştırmaya odaklanmıştır. Bu amaçla,

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

beş ayrı grup oluşturulmuş ve sırasıyla 4 µg/L, 8 µg/L, 16 µg/L ve 32 µg/L konsantrasyonlarında Chocolate Brown HT ve musluk suyu çözeltilerine maruz bırakılmıştır. Çözelti uygulama süresi 72 saatti. Chocolate Brown HT'ye maruz kalan *A. cepa*'da adventif kök çıkışı ile gözlemlenen köklenme yüzdesi, çözelti konsantrasyonu arttıkça azalmıştır. Boya konsantrasyonunun artması, toplam soğan ağırlığında ve ortalama adventif kök uzunluğunda da azalmaya neden olmuştur. Bu nedenle, çalışma bulguları, Chocolate Brown HT boyasının, uygulama dozuna bağlı olarak *A. cepa*'nın büyümesini ve gelişmesini baskıladığını ortaya koymuştur. Ülkemizde hala yasal olarak kullanımı izin verilen Chocolate Brown HT'nin toksisitesini araştıran daha fazla çalışma yapılması uygun olacaktır.

Anahtar kelimeler: *Allium cepa*, azo boya, büyüme, Chocolate Brown HT, toksisite.

1. INTRODUCTION

Natural and artificial food dyes are chemicals added to the composition of beverages and other food products at various stages of production. They are used to preserve the color of foods, correct color losses that may occur during food processing, and thus increase the product's appeal to consumers [1]. Some additives used to influence the consumption habits of people have been reported to be carcinogenic or teratogenic [2]. Food dyes also have applications in various sectors such as pharmaceuticals, medical equipment, cosmetics, and handicrafts [1].

Azo dyes are chemicals that contain nitrogen-nitrogen double bonds in their structure and are widely used in industries such as food, cosmetics, and textiles. These dyes can induce allergic, mutagenic, and carcinogenic effects depending on their molecular structures and degradation reactions, and can be metabolically activated to form highly reactive and toxic metabolites [3].

Chocolate Brown HT (4,4- [(2,4-dihydroxy-5-hydroxymethyl)-m-phenylene)-bis(azo)]-di-1-naphthalenesulfonic acid disodium salt), known by the code E155, is a synthetic azo dye and the most preferred coloring agent in a wide variety of food products such as chocolate, chocolate sauces, biscuits, cakes, candies, flour, puddings, and ice cream [1,4]. The acceptable daily intake for this food coloring is stated as 0-1.5 mg/kg/day according to JECFA, while this value is 0-3 mg/kg/day according to the European Union [5]. Numerous studies have shown that Chocolate Brown affects the reproductive system, hormonal balance, and hepatorenal functions [2,6,7]. Additionally, rats fed mixtures of food additives, including chocolate brown HT, showed DNA breaks as determined by the Comet assay and cell membrane damage as determined by MDA analysis [5]. Even when used within legal limits, these synthetic dyes can contaminate the environment, leading to indirect exposure not only in humans but also in other terrestrial and aquatic organisms.

Plant bioindicators such as *Allium cepa* enable the design of eukaryotic test systems used to reveal the harmful effects of many environmental pollutants, such as heavy metals, pesticides, and food additives [8-11]. The fact that *A. cepa* is an organism that does not require ethical approval, that its adventitious roots can be directly and easily exposed to test solutions, and that cell division promoting growth in the roots is rapid and active, has made this organism very popular in toxicity studies. The severity of toxicity symptoms caused by food additives generally depends on the dose, and physiological parameters that can be easily monitored in *A.*

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

cepa are considered sensitive indicators that quickly reveal the adverse effects of these chemicals [12,13].

This study focused on determining the physiological toxicity caused by Chocolate Brown HT in *A. cepa*. The analysis process involved measuring the rooting percentage, biomass increase, and adventitious root elongation after treatment with Chocolate Brown HT solutions at different doses.

2. MATERIALS & METHODS

2.1. Experimental Procedure and Treatments

A. cepa bulbs were purchased from a market in Giresun. During the selection of the bulbs, particular attention was paid to ensure that the individuals were of similar size. The bulbs were stripped of their outermost scales to prevent the onion's colored skins from affecting the results. The adventitious roots of the bulbs were scraped off with a razor blade. The bulbs, whose disk bodies were made visible in this way, were placed in tubes filled with the relevant solutions. During this process, care was taken to ensure that the disk stem was in contact with the solutions to allow the new adventitious roots to grow. The test groups were treated with 4 µg/L, 8 µg/L, 16 µg/L, and 32 µg/L Chocolate Brown HT solutions for 72 hours, respectively. The bulbs in the control group were exposed to tap water for the same duration.

At the end of the experiment, completed in the dark and at room temperature, the rooting percentage was determined in 50 bulbs (n = 50), while adventitious root elongation and biomass increase were determined in 10 bulbs each (n = 10). When determining the rooting percentage, bulbs with new adventitious roots longer than 1 cm were considered rooted. Root elongation was assessed by measuring the distance between the disk stem and the tip of the adventitious root with a ruler. The biomass increase values were obtained by calculating the difference between the pre-trial and post-trial weight increases of the bulbs.

2.2. Statistical Analysis

One-way ANOVA and Duncan test were used to statistically evaluate the differences between the mean values of the groups ($p < 0.05$). Statistical differences are indicated by letters a-e above the graph columns.

3. RESULTS & DISCUSSION

The findings of the study clearly demonstrate that Chocolate Brown HT azo dye causes significant dose-dependent physiological toxicity in *A. cepa*. The decrease in rooting percentage, reduction in average adventitious root length, and suppression of biomass increase with increasing dye concentration indicate that the dye negatively affects the plant's growth and development processes (Figure 1, Figure 2 and Figure 3). As shown in Figure 1, the biomass increase in the control group bulbs was 8.01 g, while the biomass increase in the groups treated with 4 µg/L, 8 µg/L, 16 µg/L, and 32 µg/L Chocolate Brown HT was determined to be 6.76 g, 5.95 g, 5.10 g, and 3.40 g, respectively. Thus, the highest dye dose caused a decrease of approximately 58% in biomass increase compared to the control group. Additionally, the

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

rooting rate, which was determined to be 100% in the control group, decreased to 56% in the group treated with the highest dose (32 µg/L) of Chocolate Brown HT (Figure 2). Furthermore, Chocolate Brown HT decelerated the elongation of adventitious roots (Figure 3)……..

Adventitious root formation and root elongation values in *A. cepa* are extremely important because these are the parts of the roots that first come into contact with the test chemical. Cell division, which is necessary for continued root growth, is closely related to the absence of any disruption in the plants' water and mineral uptake and in their metabolic and mitotic activities. In the control group under normal conditions, the active cell division observed in the root region during “normal growth” indicated that there were no problems with water and mineral tranfere from the growth medium or other metabolic functions. In contrast, Chocolate Brown HT significantly reduced both the rooting rate and the elongation of adventitious roots at all doses from the lowest to the highest (Figure 2 and Figure 3). Previous studies have also shown that food additives negatively affect growth and other metabolic activities in *A. cepa* [14-17]. The -N=N- bonds found in the structure of azo dyes such as Chocolate Brown HT can be broken down in organisms and converted into carcinogenic and reactive aromatic amines [18]. These types of products cause oxidative stress within cells, damage cell membranes, and disrupt energy production. Therefore, the growth inhibition caused by Chocolate Brown HT dye is largely due to oxidative imbalance, disruption of energy balance, and metabolic slowdown in cells as well as a suppression of water and mineral uptake.

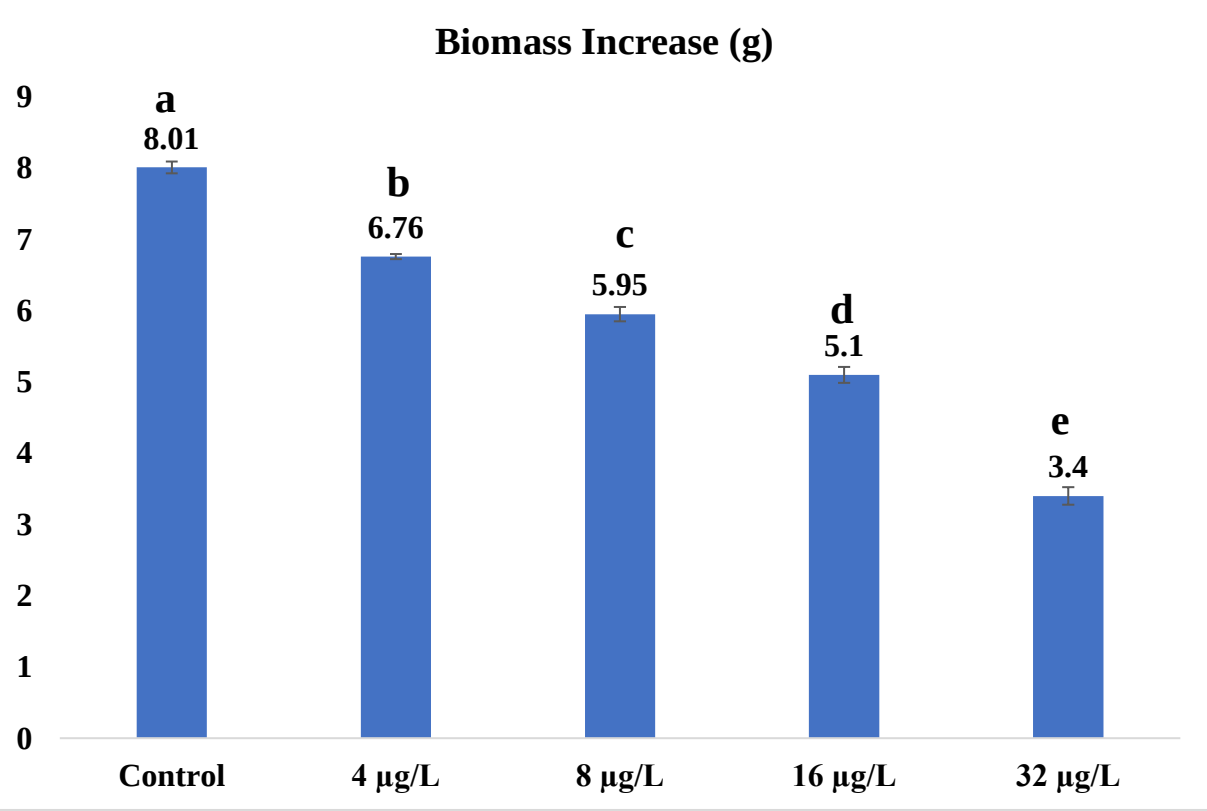


Figure 1. Effect of Chocolate Brown HT administration in biomass increase.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

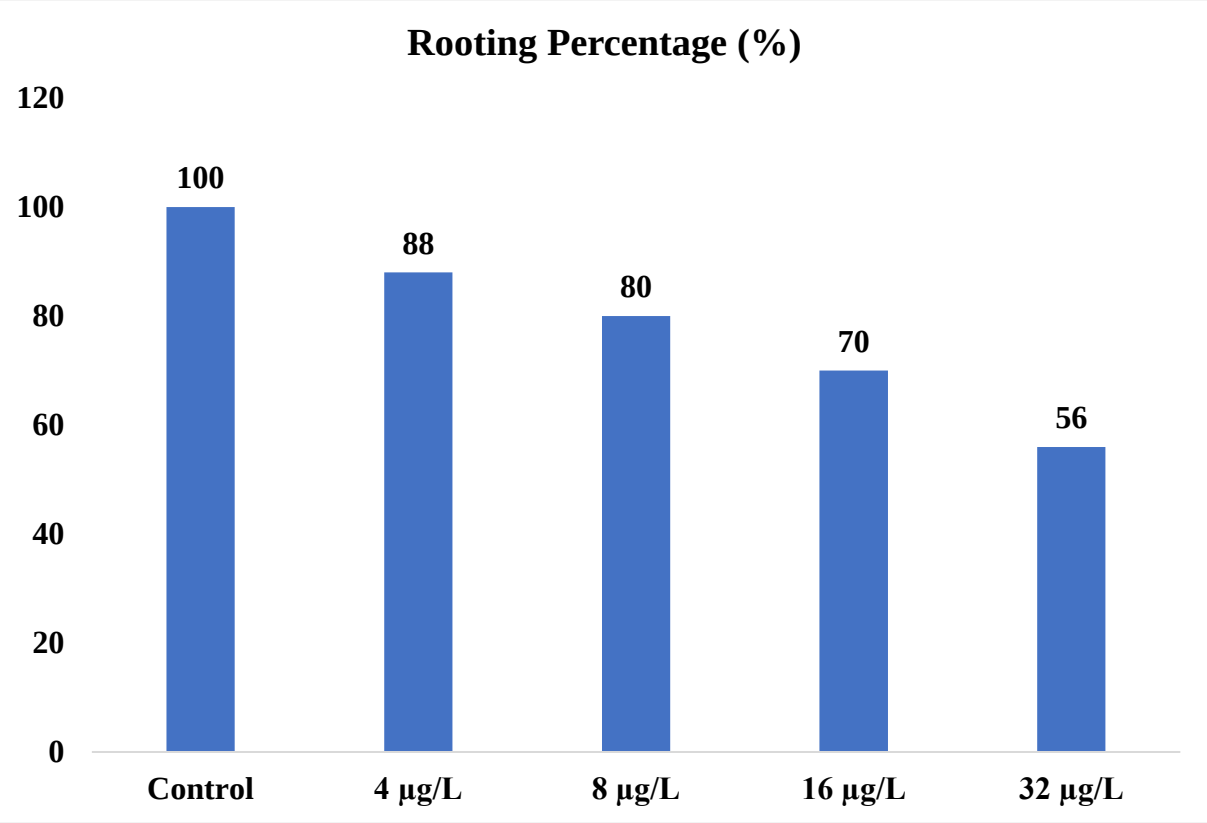
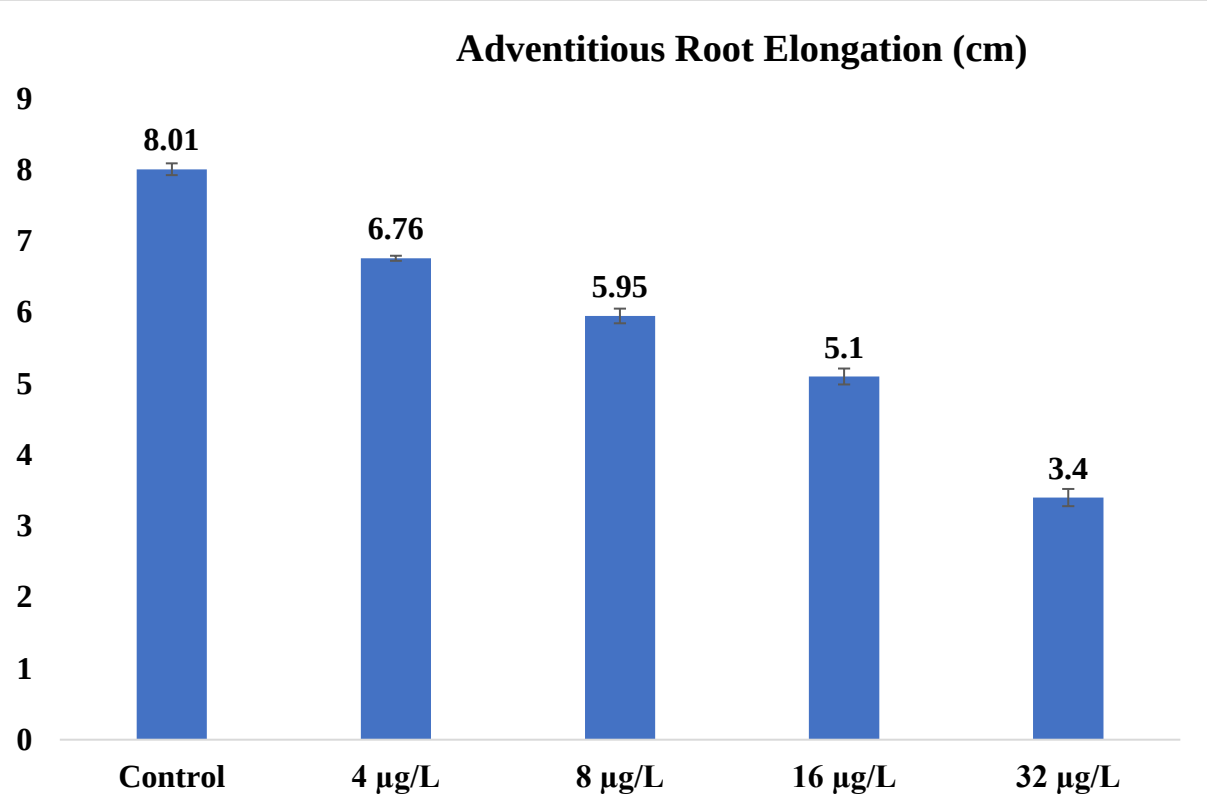


Figure 2. Effect of Chocolate Brown HT administration in rooting percentage.



ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Figure 3. Effect of Chocolate Brown HT administration in adventitious root elongation.

4. CONCLUSION

Chocolate Brown HT is unfortunately still among the additives legally permitted for use in Türkiye. As can be understood from the findings of this study, this dye, which has the potential to cause physiological stress even at low doses in plant systems, is considered to pose a risk to human health and agricultural ecosystems. Therefore, the use of this food dye must be carefully monitored. Furthermore, Chocolate Brown HT should be evaluated in more detail through advanced studies at the biochemical, genotoxic, and molecular levels in *A. cepa* and different bioindicator systems.

REFERENCES

[1] Rahman, M.M., Moni, Z.R., Mahat, N.C. Effects of Brown HT on Biochemical Parameters of Long Evans Rats. International Journal of Business, Social and Scientific Research, 12, 07-11, 2024.

[2] Khatun, A., Mondal, M., Pal, S., Parvin, S., Paul, G. Impairment of Uterine Wall Structure by Chocolate Brown HT in Rats. Scientific Archives, 2, 93-98, 2021.

[3] Islam, T.T., Mahat, N.C., Shaker, I.A., Rahman, S.A., Kabir, M.H., Shohel, M.A., Kamruzzaman, Md., Tang, M.A.K. Investigation of the Relationship Between Brown HT Dye Exposure and Mammary Tumor Development in Female Rats: An Assessment of the Potential Risk of Breast Cancer. Cureus, 16(11), e73351, 2024.

[4] Erek, F. A Hydrophillic Deep Eutectic Solvent Assisted Magnetic Colloidal Gel Based Dispersive Solid Phase Microextraction Method for Preconcentration of Brown HT (E155). Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 14, 273-286, 2025.

[5] Raya, S.A., Aboul-Enein, A.M., El-Nikeety, M.M., Mohamed, R.S., Abdelwahid, W.M. In Vivo Comet Assay of Food Additives' Combinations and Their Effects on Biochemical Parameters in Albino Rats. Biointerface Research in Applied Chemistry, 24, 9170-9183, 2020.

[6] Abbas, J.R., Al-Hamadawi, H.A. Effect of Chocolate Brown HT E155 on Some Hormones in Male Albino Rats. EurAsian Journal of BioSciences, 13, 485-489, 2019.

[7] Islam, T.T., Tang, A.K., Sailaja, I., Shohel, M.A., Rahman, S.A., Mahat, N.C., Shaker, I.A. Chronic Toxic Effects of Chocolate Brown HT Dye on Hepatorenal Functions *in vivo*. Integrative Biomedical Research, 8(7), 1-11, 2024.

[8] Türkoğlu, Ş., Benli, D., Şahin, N. The Effects of Five Food Dyes on the Longevity of *Drosophila melanogaster*. Fresenius Environmental Bulletin, 24(9), 2830-2836, 2015.

[9] Kalefetoğlu Macar, T., Macar, O., Yalçın, E., Çavuşoğlu, K. Resveratrol Ameliorates the Physiological, Biochemical, Cytogenetic, and Anatomical Toxicities Induced by Copper (II) Chloride Exposure in *Allium cepa* L. Environmental Science and Pollution Research, 27, 657-667, 2020.

[10] Macar, O., Kalefetoğlu Macar, T., Çavuşoğlu, K., Yalçın, E., Acar, A. Assessing the combined toxic effects of metaldehyde mollucide. Scientific Reports, 13, 4888, 2023.

[11] Yalçın, E., Macar, T. K., Macar, O., Çavuşoğlu, K. Gıda Boyası Tartzaninin *A. cepa* L. Kök Ucu Hücrelerindeki Sitotoksik ve Genotoksik Etkilerine Karşı Yeşil Kahvenin Koruyucu Rolü. Akademik Gıda, 19, 49-58, 2021.

[12] Öztürk, G., Çavuşoğlu, K., Yalçın, E. Dose–Response Analysis of Potassium Bromate–Induced Toxicity in *Allium cepa* L. Meristematic Cells. Environmental Science and Pollution Research, 27(34), 43312-43321, 2020.

[13] Bhuia, M.S., Siam, M.S.H., Ahamed, M.R., Roy, U.K., Hossain, M.I., Rokonuzzman, M., Islam, T., Sharafat, R., Bappi, M.H., Mia, Md. N., Emamuzzaman, Md., de Almeida, R.S., Coutinho, H.D.M., Raposo, A., Alturki, H.A., Islam, M.T. Toxicity Analysis of Some Frequently Used Food Processing Chemicals Using *Allium cepa* Biomonitoring System. Biology, 12(5), 637, 2023.

[14] Dönbak, L., Rencüzogullari, E., Topaktas, M. The Cytogenetic Effects of the Food Additive Boric Acid in *Allium cepa* L. Cytologia, 67(2), 153-157, 2002.

[15] Türkoğlu, Ş. Genotoxicity of Five Food Preservatives Tested on Root Tips of *Allium cepa* L. Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis, 626(1-2), 4-14, 2007.

[16] Adeyemo, O.A., Farinmade, A.E. Genotoxic and Cytotoxic Effects of Food Flavor Enhancer, Monosodium Glutamate (MSG) Using *Allium cepa* Assay. African Journal of Biotechnology, 12(13), https://doi.org/10.4314/ajb.v12i13, 2013.

[17] Khan, I.S., Ali, M.N., Hamid, R., Ganie, S.A. Genotoxic Effect of Two Commonly Used Food Dyes Metanil Yellow and Carmoisine Using *Allium cepa* L. as Indicator. Toxicology Reports, 7, 370-375, 2020.

[18] Balachandran, B., Sabumon, P.C. A Comprehensive Review on Biodegradation of Azo Dye Mixtures, Metabolite Profiling with Health Implications and Removal Strategies. Journal of Hazardous Materials Advances, 100834, 2025.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Türkiye Denizlerinden Örneklenen *Belone belone* Zargana (Linnaeus, 1761) Türünün Boy-Boy ve Boy-Ağırlık İlişkilerinin Değerlendirilmesi

Doç. Dr., Melek ÖZPİÇAK*

Ondokuz Mayıs Üniversitesi,

melek.zengin@omu.edu.tr - 0000-0003-3506-4242

Doç. Dr., Semra SAYGIN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi,

semra.saygin@omu.edu.tr - 0000-0002-3249-5074

Prof. Dr., Savaş YILMAZ

Ondokuz Mayıs Üniversitesi,

savas.yilmaz@omu.edu.tr - 0000-0003-2859-4886

ÖZET

Balıkçılık yönetimi çalışmalarında ilk basamaklardan birisi boy-ağırlık ve boy-boy ilişkilerinin incelenmesidir. Bu çalışmanın amacı, Türkiye denizlerindeki ekonomik öneme sahip türlerden birisi olan zargananın, *Belone belone;* boy-ağırlık ve boy-boy ilişkilerini belirlemektir. Çalışmada, Karadeniz'den (N=60), Marmara Denizi'nden (N=61) ve Ege Denizi'nden (N=50) ticari avcılık yapan teknelerden örnekler temin edilmiştir. Tüm örneklerin total boy (TL), çatal boy (FL) ve standart boyları (SL) ölçülmüştür (±0,1 cm) ve ağırlıkları (W) tartılmıştır (±0,01 g). Karadeniz, Marmara ve Ege denizlerinden örneklenen bireylerin ortalama TL ve W değerleri sırasıyla 31.863±0.342 cm, 32.550±1.155 g; 35.705±0.352 cm, 51.936±1.784 g; ve 32.896±0.523, 46.220±2.455 g olarak belirlenmiştir. Gerçekleştirilen analizler sonucunda üç lokasyon için de boy-ağırlık ilişkisi arasında güçlü bir ilişki olduğu saptanmıştır (r^2>0.825). Boy-ağırlık ilişki denklemleri Karadeniz, Marmara Denizi ve Ege Denizi için sırasıyla $W=0.0006TL^{3.151}$, $W=0.0004TL^{3.287}$ ve $W=0.0002TL^{3.541}$ olarak hesaplanmıştır. Zargana balığı Marmara Denizi ve Karadeniz'de izometrik, Ege Denizi'nde ise pozitif allometrik büyümeye sahiptir. Ayrıca, boy-boy ilişkileri, TB-SB, TB-ÇB ve ÇB-SB, birbirleri arasında istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.001). Boy-ağırlık ve boy-boy ilişkileri, balıkçılığın etkili yönetiminde oldukça önemlidir. Sonuç olarak, sürdürülebilir ekosistem yönetimi için doğal stokların devamlı olarak takip edilmesi son derece önemlidir. Bu çalışmadan elde edilen bulguların, sürdürülebilir bir balıkçılık yönetimi oluşturulabilmesine önemli bir temel veri sağlayacağı umulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Belone belone,* Boy-boy ilişkileri, Boy-ağırlık ilişkileri, Türkiye

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Evaluation of Length-Length and Length-Weight Relationships of Garfısh, *Belone belone* (Linnaeus, 1761) Sampled From Türkiye Seas

Assoc. Prof. Dr., Melek ÖZPİÇAK*
Ondokuz Mayıs University,
melek.zengin@omu.edu.tr - 0000-0003-3506-4242

Assoc. Prof. Dr., Semra SAYGIN
Ondokuz Mayıs University,
semra.saygin@omu.edu.tr - 0000-0002-3249-5074

Prof. Dr., Savaş YILMAZ
Ondokuz Mayıs University,
savas.yilmaz@omu.edu.tr - 0000-0003-2859-4886

ABSTRACT

One of the first steps in fisheries management studies is to investigate the length-weight and length-length relationships. The aim of this study is to specify the length-weight and length-length relationships of the garfish, *Belone belone*, one of the economically important species in Turkish seas. Samples were provided from commercial fishing vessels from the Black Sea (N=60), the Sea of Marmara (N=61) and the Aegean Sea (N=50). All captured fish were measured (±0.1 cm) for total length (TL), fork length (FL), standart length (SL) and weighted (±0.01 g). Mean TL and W values of individuals sampled from the Black Sea, Marmara Sea and Aegean Seas were 31.863±0.342 cm, 32.550±1.155 g; 35.705±0.352 cm, 51.936±1.784 g; and 32.896±0.523, 46.220±2.455 g, respectively. As a result of the analyses, a strong relationship was determined between length and weight for all three locations (r^2>0.825). The LWR equations were calculated as $W=0.0006TL^{3.151}$, $W=0.0004TL^{3.287}$ and $W=0.0002TL^{3.541}$ for the Black Sea, Marmara Sea and Aegean Sea, respectively. Garfish exhibited isometric growth for Black Sea and Marmara Sea and possitive allometric growth for Aegean Sea. In addition, length-length relationships were found to be statistically significant among TL-SL, TL-FL and FL-SL (P<0.001). Length-weight and length-length relationships are very important for the effective management of fisheries. In conclusion, the continual monitoring of natural stocks is essential for the sustainable management of ecosystems. It is expected that the findings obtained from this study will provide important baseline data for establishing sustainable fisheries management.

Keywords: *Belone belone*, Length-length relationship, Length-weight relationship, Türkiye

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

1. INTRODUCTION

The family Belonidae, which includes 10 genera and 48 described species found in both marine and freshwater habitats, represents an important part of global fish diversity (Fricke et al., 2025). Members of this family, commonly known as needlefishes, possess an elongated body and a relatively large, beak-like mouth opening equipped with sharp, needle-like teeth. The genus *Belone* comprises two widely accepted garfish species, *B. belone* and *B. svetovidovi*. Some authors recognize a third species, *B. acus* (Fricke et al., 2025), though it is commonly regarded as a subspecies of *B. belone* (Collette, 2003). In addition, the garfish, *Belone belone* (L., 1761), is a migratory and pelagic species of high economic value. Furthermore, Collet and Parin (1970) reported that the species comprises three subspecies (*B. b. belone* Linnaeus, 1761; *B. b. euxini* Günther, 1866; *B. b. gracilis* Lowe, 1839). Beyond the Mediterranean and the Black Sea, this species displays a broad geographic distribution, occurring in brackish and marine habitats from Norway to the Canary Islands. Like other pelagic teleosts, it is an oceanodromous species (Jardas, 1996). *B. belone*, which is capable of leaping at the water's surface as a defense mechanism, has scales that are predominantly green in coloration. This green hue results from the presence of biliverdin, a calcium-based pigment (Çağlar, 1950).

Length-weight relationships (LWRs) and length-length relationships (LLRs) are fundamental in understanding fish biology and play a pivotal role in fisheries management and conservation (Vaslet et al., 2008; Borah et al., 2017; Ergüden et al., 2017; da Silva et al., 2017; Dai et al., 2024; Liu et al., 2025). Length-weight relationship, one of the basic biological parameters, is a widely used tool in fisheries science to estimate the weight of fish according to their length. It also serves as a valuable tool for comparing morphometric characteristics both among different species and within the same species inhabiting distinct environments (Goncalves et al., 1997; Moutopoulos and Stergiou, 2002). Also, in some cases, it is not possible to measure total length (TL) in the port because the fishermen carry out preliminary treatments at sea, including the removal of fins and tails, to improve the quality of the fish (Nguyen et al., 2022a), resulting in the loss of biometric data, which are necessary for f ishery analyses and modeling. Size conversions (e.g. TL calculated based on FL) are therefore necessary for species comparison (Nguyen et al., 2022b). At this point, length-length conversions are of great importance.

The present study investigates length–weight relationships (LWRs), and length–length relationships (LLRs) of *B.belone* from Black Sea Marmara Sea and Aegean Sea in Türkiye. The results will offer crucial baseline data to support sustainable fisheries management and conservation efforts, contributing to the sustainable exploitation and protection of *B.belone.*

2. MATERIAL AND METHODS

The garfish samples were obtained from commercial fishing vessels from the Black Sea (N=60), the Sea of Marmara (N=61) and the Aegean Sea (N=50). All captured fish were measured (±0.1 cm) for total length (TL), fork length (FL), standart length (SL) and weighted (±0.01 g). The sex of all specimens was recorded by macroscopic examination of the gonads.

LWR were calculated using the equation $W = aL^b$, where W is the total weight of the fish (g), L is the fork length (cm), a and b are the parameters of the equation (Bagenal and Tesch, 1978). The parameters a and b of LWR were estimated by linear regression on the transformed equation: log W = log a + b log TL. The t-test employed to test whether the slopes (b) were

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

significantly different from 3, indicating the growth type: isometric (b=3), positive allometric (b>3) or negative allometric (b<3). The 95% confidence interval (CI) of the b value was calculated and the r2 was determined (Zar, 1999). Analysis of covariance (ANCOVA) was used to test differences of the b values of length-weight relationship between sexes (Zar, 1999).

All length-length relationships of female, male and entire samples were computed using linear regression analysis (Zar, 1999). LLs of these species considered through the whole period of investigation will describe by the linear regression analysis: TL = a + b * SL, TL = a + b * FL, FL = a + b * SL Where TL is the total length of fish in cm, FL is the fork length of fish in cm, SL is the standard length of fish in cm . SPSS 20, Minitab 15.0 and the Excel software were utilized in the evaluation of data.

3. RESULTS

All captured fish were analysed according to localities. According to results there were no statistically significant differences between sexes in term of length and weight (P>0.05). Therefore, gender discrimination was not taken into account in the analyses. The analyses were carried out on the entire population. The minimum and maximum total lengths and weights of the individuals sampled from Black Sea, Marmara Sea and Aegean Sea determined as 24.3 cm-39.0 cm, 13.41 g-59.72 g; 29.0 cm-41.2 cm, 20.40 g-88.00 g; ve 24.3 cm-39.5 cm, 13.41g-84.45 g, respectively. Descriptive statistics of the garfish samples are displayed in Table 1.

Table 1. Descriptive statistics of the garfish samples according to localities

Species	Lokalite/Değişkenler		N	Min	Max	Mean	Se	Sd
B.belone	Black Sea	TL	60	24.3	39.0	31.863	0.342	2.720
		FL		23.40	37.20	30.836	0.317	2.516
		SB		22.00	39.30	29.273	0.356	2.828
		W		13.41	59.72	32.550	1.155	9.171
	Marmara Sea	TL	61	29.0	41.2	35.705	0.352	2.729
		FL		28.10	39.90	34.548	0.342	2.649
		SB		26.70	38.30	32.850	0.335	2.597
		W		20.40	88.00	51.936	1.784	13.824
	Aegean Sea	TL	50	24.3	39.5	32.896	0.523	3.704
		FL		23.40	38.20	34.032	0.511	3.614
		SB		22.00	36.30	30.272	0.499	3.531
		W		13.41	84.45	46.220	2.455	17.365

LWRs were calculated for three localities. The LWRs were significantly important (P< 0.001, r^2 > 0.825, Table 2). The value of b of LWR was found to be significantly different from 3.0 in garfish and the growth type were isometric for Black Sea and Marmara Sea and possitive allometric for Aegean Sea (Table 2). The LWR equations were calculated as $W=0.0006TL^{3.151}$, $W=0.0004TL^{3.287}$ and $W=0.0002TL^{3.541}$ for the Black Sea, Marmara Sea and Aegean Sea, respectively. In addition, length-length relationships were found to be statistically significant among TL-SL, TL-FL and FL-SL (P<0.001).

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Table 2. Length-weight relationships and growth type of *B.belone* from three localities

Localities	Length-weight relationship parameters			r^2	P value	Growth type
	a	b	95% CI			
Black Sea	0.0006	3.151	2.807-3.495	0.849	<0.001	Isometric
Marmara Sea	0.0004	3.287	2.933-3.641	0.861	<0.001	Isometric
Aegean Sea	0.0002	3.541	3.159-3.923	0.825	<0.001	Positive allometric

The LLRs between total length (TL), fork length (FL), and standard length (SL) of *B.belone* were summarized in Table 3. In this study, it was determined that there were strong relationships between different length types in *B.belone* for three localities. It was observed that the regression coefficient values obtained from LLRs were high in all localities ($P<0.0001$, $r^2> 0.780$).

Table 3. LLRs between total length (TL), fork length (FL) and standard length (SL) of *B.belone* according to localities

Localities	**Equations**	**a**	**b**	**r^2**	**P**
Black Sea	TL =a + b FL	1.431	0.923	0.962	<0.001
	FL = a + b SL	-2.542	1.026	0.978	<0.001
	SL =a + b TL	-0.214	0.918	0.941	<0.001
Marmara Sea	TL= a + b FL	3.733	0.860	0.813	<0.001
	FL = a + b SL	2.575	0.876	0.798	<0.001
	SL= a + b TL	-0.510	0.931	0.990	<0.001
Aegean Sea	TL= a + b FL	-0.216	0.974	0.997	<0.001
	FL= a + b SL	-0.769	0.975	0.996	<0.001
	SL= a + b TL	-1.027	0.952	0.996	<0.001

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

4. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

In this study, LLR and LWRs of *B.belone* were examined. The length-weight relationships (LWR) are important tools in fish biology, physiology, ecology, and fisheries assessment. LWR are useful in determining weight and biomass when only length measurements are available, as indications of condition and to allow for comparisons of species growth between different regions (Oscoz et al., 2005). In addition, the results obtained from length-length relationships are quite useful for comparing studies using different length types (Moutopoulos and Stergiou, 2002). The length-weight and length length relationships of the pelagic fish populations were described by previous studies in Turkish seas (Polat et al., 2009; Başusta et al., 2012; Bilgin et al., 2012; Özpiçak et al., 2017; Samsun and Sağlam, 2021; Çolakoğlu, 2021; Bayhan and Uncumusaoğlu, 2022; Bal, 2023; Kara et al., 2024; Türker et al., 2025).

The sample sizes, length ranges (minimum and maximum), LWR parameters (a and b), growth types, 95% confidence intervals of the b values, and coefficients of determination (r^2) for *B. belone* from Black Sea, Marmara Sea and Aegean Sea are presented in Table 1 and Table 2. According to Tesch (1971), the parameter *b* typically ranges between 2 and 4, with values close to 3 indicating isometric growth, whereas deviations from 3 reflect allometric growth. Ricker (1975) emphasized that the *b* value, which serves as an indicator of body shape, is directly influenced by the characteristics of the fish's habitat. A *b* value close to 3 suggests that body weight increases proportionally with length, indicating no change in body form—an outcome defined as isometric growth. Conversely, b value differing from 3 indicates that weight increases at a rate either greater or lower than length, thereby implying changes in body shape, which characterizes allometric growth (Bagenal and Tesh, 1978). In the seas of Türkiye, the lowest 'b' value recorded was 1.603 (Düzgüneş and Karaçam, 1991), while the highest value recorded 3.200 (Şahin and Genç, 1997). Some factors such as genetic isolation and specific environmental conditions (e.g. temperature, eutrophication levels, food supply and diseases) are responsible for intraspecific differences in growth parameters (Stefanova et al., 2008). Therefore, "b" values of most of the studies could be different from each other between regions. According to this study garfish has isometric (Black Sea, Marmara Sea) and positive allometric growth (Mediterranean Sea). For the garfish population along the Black Sea and Marmara Sea, the calculated b value was higher than those reported in several previous studies (Samsun et al., 1995; Samsun, 1996; Gonçalves et al., 1997; Borges et al., 2003; Sinovčić et al., 2004; Dulčić and Glamuzina, 2006; Samsun et al., 2006), while it was lower than the values reported in some other studies (Özaydın and Taşkavak, 2006) (t-test, $P < 0.001$). Polat et al. (2008) found positive allometric growth, Samsun and Sağlam (2021) found negative allometric growth for Black Sea population. The variation in the b value among populations of the same species is thought to be associated with factors such as age, reproductive status, season, feeding conditions, sex, and the type of length measurement used.

LLRs are also useful for conversion purposes when comparisons are made with literature values, information on growth patterns and consequently to estimate fish biomass (Ault et al., 2005; Aburto-Oropeza et al., 2021). There are different studies used total, fork and standard lengths. This differences causes confusion in some of the studies carried out. At that point, LLRs plays a key role in comparision of studies. In this study, LLRs were significantly

important for all localities ($P<0.001$) and coefficient of determination (r^2) ranged from 0.798 to 0.997.

The results from present study provide basic information on the length-weight relationship and length-length relationships from Türkiye Seas. The changes in the b values of the populations of garfish can be thought of as the effects of climactic and environmental changes on the ecosystem and thus the growth of fish and also as an indicator of competition among species. As a conclussion, the length-weight and length-length data of *B.belone*, which has such an important place in commercial fisheries of Türkiye, must be recorded regularly in order to plan the fisheries management correctly. To ensure the protection of fishery resources and the effective management of sustainable fishing practices, it is recommended that long-term monitoring programs be established, community and population dynamics be systematically analyzed.

ACKNOWLEDGEMENT

We want to thank Ondokuz Mayıs University for supporting the study. This work was part of a project funded by Ondokuz Mayıs University Scientific Research Projects Coordination Unit (Project No: PYO.FEN.1901.23.002).

REFERENCES

[1] Fricke, R., Eschmeyer, W.N., Van der Laan, R., Eschmeyer's Catalog of Fishes: Genera, Species, References, Version 05/2025, 2025 http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp.

[2] Collette, B.B., Family Belonidae (Bonaparte, 1832) Needlefish. Annotated Checklist of Fish, San Francisco: Calif. Acad. Sci., 16: 1–22, 2003.

[3] Collette, B.B., Parin, N.V., Needlefshes (Belonidae) of the Eastern Atlantic Ocean, Danish Science Press, 1970.

[4] Jardas I. Jadranska ihtiofauna. Školska knjiga. Zagreb. Školska knjiga, 533 p, 1996.

[5] Çağlar, M., Belone belone'nin yeşil renkli iskelet pigmenti hakkında. Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Mec, III, 253-269, 1950.

[6] Vaslet, A., Bouchon-Navaro, Y., Louis, M., Bouchon, C., Weight–length relationships for 20 fish species collected in the mangroves of Guadeloupe (Lesser Antilles). Journal of Applied Ichthyology, 24 (1), 99-100, 2008.

[7] Borah, S., Bhattacharjya, B. K., Saud, B. J., Yadav, A. K., Debnath, D., Yengkokpam, S., Das, P., Sharma, N., Singh, N. S., Sarma, K. K., Length–weight relationship of six indigenous fish species from Deepor beel, a Ramsar site in Assam, India. Journal of Applied Ichthyology, 33, 655-657, 2017.

[8] Ergüden, D., Ergüden, S. A., Özdemir, O., Gürlek, M., Length-Weight Relationship and Condition Factor of Spotted Flounder Citharus linguatula (Linnaeus, 1758) in Iskenderun Bay, North-eastern Mediterranean, Turkey. NESciences, 2 (1), 11-17, 2017.

[9] da Silva, V. E. L., Teixeira, E. C., Batista, V. S., Fabré, N. N., Length–weight relationships of two mugilid species from tropical estuarine systems in Alagoas, northeastern coast of Brazil. Journal of Applied Ichthyology, 33, 631-632, 2017.

[10] Dai, Y., Xie, N., Dai, Y., Guo, W., Tang, J., Wang, Y., Length-Weight and Length-Length Relations of 14 Freshwater Fish Species from the Qiantang River, China. Journal of Applied Ichthyology, 2024(1), 4101501, 2024.

[11] Liu, Y., He, C., Liu, M., Chen, W., Xia, Y., Li, Y., Li, X. Length–weight and length–length relations of twenty-three freshwater fish species (Actinopterygii) from the Yuanjiang River, Yunnan Province, China. Acta Ichthyologica et Piscatoria, 55, 83-87, 2025.

[12] Gonçalves, J.M.S., Bentes, L., Lino, P. G., Ribeiro, J., Canario, A.V.M. Erzini, K., Weight–length relationships for selected fish species of the small-scale demersal fisheries of the south and south-west coast of Portugal. Fisheries Research, 30, 253–256, 1997.

[13] Moutopoulos, D. K., Stergiou, K. I., Length-weight and length-length relationships of fish species from Aegean Sea (Greece). Journal of Applied Ichthyology, 18, 200-203, 2002.

[14] Nguyen, K. Q., Nguyen, B.V., Phan, H. T., Nguyen, L. T., To, P. V. Tran, H. V. A comparison of catch efficiency and bycatch reduction of tuna pole-andline fisheries using Japan tuna hook (JT-hook) and circle-shaped hook (C-hook). Marine and Freshwater Research, 73(5), 662–677, 2022a.

[15] Nguyen, K. Q., Phan, H. T., Tran, P. D., Nguyen, B. V., Do, T. V., Nguyen, L. T., To, P. V., Vu, N. K., Length-length, length–weight, and weight-weight relationships of yellowfin (*Thunnus albacares*) and bigeye (Thunnus obesus) tuna collected from the commercial handlines fisheries in the South China Sea. Thalassas, 38, 911–917, 2022b.

[16] Bagenal, T.B., Tesch, F.W., Age and Growth. In T. Bagenal (Ed), Methods for assessment of fish production in fresh waters, 3rd ed: IBP Handbook No.3, Blackwell Science Publications, Oxford, 1987.

[17] Zar, J.H., Biostatistical analysis. New Jersey, Prentice-Hall, 1999.

[18] Oscoz, J., Campos, F., Escala, M.C., Weight–length relationships of some fish species of the Iberian Peninsula. Journal of Applied Ichthyology, 21,73–74, 2005.

[19] Polat, N., İnceİsmaİl, Y., Yılmaz, S., Bostancı, D., Age determination, age-length and length-weight relationships of garfish (*Belone belone* L., 1761) in the Black Sea (Samsun), Journal of Fisheries Science.com, 3(3): 187-198, 2009.

[20] Başusta, A., Başusta, N., Sulikowski, J. A., Driggers Iii, W. B., Demirhan, S. A., Cicek, E., Length–weight relationships for nine species of batoids from the Iskenderun Bay, Turkey. Journal of Applied Ichthyology, 28(5), 850-851, 2012.

[21] Bilgin, S., Bal, H., Taşçı, B., Length based growth estimates and reproduction biology of whiting, *Merlangius merlangus euxinus* (Nordman, 1840) in the Southeast Black Sea. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 12(4), 871-881, 2012.

[22] Özpiçak, M., Saygın, S., Polat, N., The length-weight and length-length relationships of bluefish, *Pomatomus saltatrix* (Linnaeus, 1766) from Samsun, middle Black Sea region. Natural and Engineering Sciences, 2(3), 28-36, 2017.

[23] Çolakoğlu, S., Length-weight relationships of fishes caught by stationary uncovered pound nets in the coastal waters of Saros Bay, North Aegean Sea (Turkey). Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 38(1), 95-99, 2021.

[24] Bayhan, B., Uncumusaoğlu, A. A., Length-Weight and Length-Length Relationships of the Main Commercial Fish Species in Izmir Bay (Aegean Sea Coast of Turkey)/2020-2021 Fishing Season. Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences, 7(3), 380-384, 2022.

[25] Bal, H., Length-Weight and Length-Length Relatıonshıp of Horse Mackerel, *Trachurus trachurus* (Linnaeus, 1758), in the sea of Marmara. Dünya Multidisipliner Araştırmalar Dergisi, 6(2), 18-26, 2023.

[26] Kara, A., Bayhan, B., Taylan, B., Babaoğlu, A. Ö., Length-weight relationships and biometry analysis of saddled seabream, *Oblada melanurus* (Linnaeus, 1758) in İzmir Bay (Central Aegean Sea of Türkiye), 2024.

[27] Türker, D., Tanrıverdi, R., Zengin, K., Length-Weight and Length-Length Relationships of *Etrumeus golanii* DiBattista, Randall & Bowen, 2012 (Clupeiformes: Dussumieriidae) in Antalya Bay (Mediterranean Sea of Türkiye). Aquatic Sciences and Engineering, 40(2), 94-99, 2025.

[28] Tesch F.W., Age and growth. Pp. 97–130. In: Ricker W.E. (ed). Methods for assessment of fish production in fresh waters. 2nd edn. International Biological Programme and Blackwell Scientific Publications, Oxford and Edinburgh, UK., 1971.

[29] Ricker, W. E., Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations. Bulletin of the Fisheries Researh Board of Canada, 191:1-382, 1975.

[30] Bagenal, T.B, Tesch F. W., Age and growth, in Bagenal, T.B., ed, Methods for assessment of fish production in freshwaters, Blackwell Science Publication, 101-136, Oxford, 1978.

[31] Düzgüneş, E., Karacam, H, Karadeniz'deki istavrit balıklarında Populasyon, Parametreleri ve Büyüme Özelliklerinin İncelenmesi, Doğa Türk Zooloji,13(2): 77-83, 1989.

[32] Stefanova, E., Uzunova, E., Hubenova, T., Vasileva, P., Terziyski, D., Iliev, I., Age and growth of the chub Leuciscus cephalus L., from the Maritz River (South Bulgaria). Bulgarian Journal of Agricultural Science, 14(2), 214-220, 2008.

[33] Samsun, O., Özdamar, E., Erkoyuncu, İ., Sinop (Karadeniz) yöresinde zargana (*Belone belone euxini* Günther, 1866) balığının bazı balıkçılık biyolojisi parametreleri ile et veriminin araştırılması, Doğu Anadolu Bölgesi II. Su Ürünleri Sempozyumu, 542554, Erzurum, 1995.

[34] Samsun, O., Sinop (Karadeniz) yöresinde zargana (*Belone belone euxini* Günther, 1866) balığı populasyonuna ilişkin (19951996) büyüme karakteristikleri değişiminin izlenmesi, E.Ü.Su Ürünleri Dergisi, 12 (34): 347-355, 1996.

[35] Gonçalves, J. M. S., Bentes, L., Lino, P G., Ribeiro, J., Canario, A. V. M., Erzini, K., Weight-length relationships for selected fish species of the small-scale demarsal fisheries of the south and southwest coast of Portugal, Fisheries Research, 30: 253-256, 1997.

[36] Borges, T. C., Olim, S., Erzini, K., Weight-length relationships for fish species discarded in commercial fisheries of the Algarve (southern Portugal), Journal od Applied Ichthyology, 19: 394-396, 2003.

[37] Sinovčić, G., Franicevic, M., Zorica, B., CikesKes, V., Length-weight and lengthlength relationships for 10 pelagic fish species from the adriatic sea (Croatia), Journal of Applied Ichthyology, 20: 156158, 2004.

[38] Dulcic, J., Glamuzina, B., Length-weight relationships for selected fish species from three eastern Adriatic estuarine systems (Croatia), Journal of Applied Ichthyology, 22: 254-256, 2006.

[39] Özaydın, O., Taşkavak, E., Lengthweight relationships for 47 fish species from İzmir Bay (eastern Aegean Sea, Turkey), Acta Adriatica, 47(2): 211-216, 2006.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

[40] Ault, J.S., Smith, S.G., Bohnsack, J.A., 2005b. Evaluation of average length as an estimator of exploitation status for the Florida coral reef fish community. ICES J. Mar. Sci. 62, 417–423.

[41] Aburto-Oropeza, O., Burelo-Ramos, C. M., Ezcurra, E., Ezcurra, P., Henriquez, C. L., Vanderplank, S. E., Zapata, F., Relict inland mangrove ecosystem reveals Last Interglacial sea levels. Proceedings of the National Academy of Sciences, 118(41), 2021.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Türkiye Denizlerinden Denizleri'nden Örneklenen *Trachurus mediterraneus* (Steindachner, 1868) Türünün Otolit Kütle Asimetrisindeki Alansal Varyasyonlar

Doç. Dr., Melek ÖZPİÇAK*
Ondokuz Mayıs Üniversitesi,
melek.zengin@omu.edu.tr - 0000-0003-3506-4242

Doç. Dr., Semra SAYGIN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi,
semra.saygin@omu.edu.tr - 0000-0002-3249-5074

Prof. Dr., Savaş YILMAZ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi,
savas.yilmaz@omu.edu.tr - 0000-0003-2859-4886

ÖZET

Bu çalışmada, Karadeniz, Marmara Denizi ve Akdeniz'de ticari olarak avlanan istavrit, *Trachurus mediterraneus* türünün otolit kütle asimetrisinin belirlenmesi ve lokasyonlar arasındaki alansal varyasyonların incelenmesi amaçlanmıştır. Her üç lokasyondan ticari avcılık gerçekleştiren balıkçılardan toplamda 180 adet örnek temin edilmiştir. Örneklerin total boyları ölçülmüş (±0,1 cm) ve sagittal otolitleri sağ-sol ayrımları yapılarak çiftler halinde çıkarılmıştır. Her bir sagittal otolit hassas terazi yardımı ile ±0,00001g hassasiyetle tartılmıştır. Otolit kütle asimetrisi (X) ve mutlak kütle asimetrisi ($|X|$) lokalitelere göre ayrı ayrı hesaplanmıştır. Ayrıca hem (X) hem de IXI- balık boyu ilişkileri linear regresyon denklemi kullanılarak belirlenmiştir. Otolit kütle asimetrisi, sucul ortamlarının sağlık durumunu test etmek ve balık populasyonları üzerindeki çeşitli çevresel etkilerini belirlemek için bir biyogösterge olarak kullanılmaktadır. Ayrıca vestibüler sistem fonksiyonlarını önemli ölçüde etkileyebilmektedir; genellikle kütle asimetrisinin X değerleri -0,2 ile +0,2 ($-0,2 < X < +0,2$) arasında değişmektedir. Bu çalışma, Karadeniz, Marmara Denizi ve Akdeniz'den örneklenmiş olan *T. mediterraneus* türünün lokasyonlara göre otolit kütle asimetrisi ve mutlak otolit kütle asimetrisinin ayrı ayrı belirlenerek ve balık boyu ile ilişkilerinin değerlendirildiği ilk çalışmadır.

Anahtar Kelimeler: *Trachurus mediterraneus*, otolit kütle asimetrisi, mutlak kütle asimetrisi, Türkiye

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Spatial Variations in Otolith Mass Asymmetry of *Trachurus mediterraneus* (Steindachner, 1868) Sampled from Türkiye Seas

Assoc. Prof. Dr., Melek ÖZPİÇAK*
Ondokuz Mayıs University,
melek.zengin@omu.edu.tr - 0000-0003-3506-4242

Assoc. Prof. Dr., Semra SAYGIN
Ondokuz Mayıs University,
semra.saygin@omu.edu.tr - 0000-0002-3249-5074

Prof. Dr., Savaş YILMAZ
Ondokuz Mayıs University,
savas.yilmaz@omu.edu.tr - 0000-0003-2859-4886

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the otolith mass asymmetry of the Mediterranean horse mackerel, *Trachurus mediterraneus*, commercially caught in the Black Sea, Marmara Sea and Mediterranean Sea and to investigate the spatial variations among locations. A totally 180 samples were provided from commercial fishermen from three locations. Total lengths of the samples were measured (±0.1 cm) and sagittal otoliths were removed in pairs by distinguishing right and left. Each sagittal otolith was weighed with a precision balance to a precision of ±0.00001 g. Otolith mass asymmetry (X) and absolute mass asymmetry ($|X|$) were calculated separately for localities. In addition, the relationships between (X) and IXI and fish length were determined using a linear regression equation. Otolith mass asymmetry is used as a bioindicator to test the health status of aquatic environments and to determine various environmental effects on fish populations. It can also significantly affect vestibular system functions; generally, the X values of mass asymmetry vary between -0.2 and +0.2 ($-0.2 < X < +0.2$). This is the first study to determine the otolith mass asymmetry and absolute otolith mass asymmetry of *T. mediterraneus* sampled from the Black Sea, Marmara Sea and Mediterranean Sea separately according to locations and to evaluate their relationships with fish length.

Keywords: *Trachurus mediterraneus*, otolith mass asymmetry, absolute mass asymmetry, Türkiye

1. GİRİŞ

Trachurus mediterraneus (Steindachner, 1868), Kuzeydoğu Atlantik boyunca ve Akdeniz, Ege, Marmara ve Karadeniz'de dağılım gösteren yarı pelajik bir etoburdur (Smith-Vaniz, 1986; Fischer vd., 1987). Tür ülkemiz denizlerinde ekonomik değeri oldukça yüksek olan bir balık türü olarak değerlendirilmektedir. Son on yılda Türkiye'de bu türün avlanması 2012'de 24.625 ton ile en yüksek seviyeye ulaşırken, 2020'de 7.495 ton ile en düşük seviyeye ulaşmıştır. Ancak, takip eden yıl önemli bir artış olmuş ve av miktarı 2021'de 19.590 tona ulaşmıştır (TÜIK 2022; FAO, 2023). Ticari açıdan önemli olan bu balığın, Karadeniz ve çevre bölgelerde çok sayıda izole stokunun bulunmasına rağmen şimdiye kadar tek bir stok olarak yönetildiği bilinmektedir (Turan, 2021).

Balıkların iç kulaklarında yer alan ve hayat hikayelerinin kayıt altına alındığı "kara kutular" olarak da tanımlanan otolitler, ses reseptörü ve balans organları olarak da görev yapan kalsifiye yapılardır (Schulz-Mirbach ve Ladich, 2016; Tuset et al., 2021). Kemikli balıkların iç kulaklarında asteriscus, lapillus ve sagitta olmak üzere üç çift otolit mevcuttur. Deniz balıklarında sagittal otolitler diğer iki otolit çiftine oranla çok daha büyüktür. Özellikle tatlısu ortamlarında yaşayan Cypriniformes takımı üyeleri gibi Ostariophysian balıklarda sagittal otolitler oldukça küçük asteriskus ve lapillus otolitleri ise büyüktür. Bu farklılık birçok çalışmanın da temelini oluşturmaktadır. Otolitler sistematik tabanlı çalışmalarda ve birçok farklı çalışma alanında da tür spesifik oldukları için sıklıkla tercih edilmektedirler (Chesalin, 2021; Ozpicak et al., 2021; Pavlov, 2021; Pavlov, 2022; Jawad et al., 2023; Saygın, 2024; Charmpila vd., 2024; Neves vd., 2025).

Otolitler genellikle simetrik olarak büyürler, ancak sol ve sağ otolit kütleleri arasında ağırlık farklılıkları oluşabilir ve buna otolit kütle asimetrisi denilmektedir (Campana, 1999; Campana ve Thorrold, 2001). Otolit kütle asimetri katsayısı, çeşitli su ortamlarının sağlık durumunu test etmek (Grønkjær, 2016) ve balık populasyonları üzerindeki çeşitli çevresel etkileri belirlemek için bir biyogösterge olarak da kullanılmaktadır (Jawad vd., 2023). Literatür incelendiğinde farklı birçok deniz ve tatlı su balığında otolit kütle asimetrisi (OKA), mutlak kütle asimetrisi (MKA) ve balık boyu-OKA/OMA ilişkilerinin incelenmiş olduğu çalışmaların olduğu görülmüştür (Lychakov vd., 2006; Jawad vd., 2011; Jawad ve Sadighzadeh 2013; Bostancı vd., 2018; Kontas vd., 2019; Labidi vd., 2020; Bouriga vd., 2021; Yedier vd., 2022; Özpiçak ve Saygın, 2023). Otolit kütle asimetrisi ile ilgili yapılan önceki çalışmalarda, incelenen balık türlerinin çoğunun otolit kütle asimetrisinin $-0{,}2<x<+0{,}2$ aralığında olduğu veya otolit kütle asimetrisinin %20'den küçük olduğu gözlenmiştir (Lychakov 1992; Lychakov ve Rebane 2004; Al Balushi vd., 2017; Jawad vd., 2020; Quindazzi vd., 2023).

Bu çalışmada, Karadeniz, Marmara Denizleri ve Akdeniz' nden örneklenen istavrit, *T.mediterraneus* türünün otolit kütle asimetrisinin belirlenmesi ve lokasyonlar arasındaki alansal varyasyonlarının karşılaştırılması amaçlanmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Çalışmada kullanılan örnekler Karadeniz (N=65), Marmara Denizi (N=64) ve Akdeniz (N=61)'de ticari avcılık gerçekleştiren balıkçılardan temin edilmiştir. Balık örnekleri, soğuk zincir kullanılarak Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Fakültesi İhtiyoloji Araştırma Laboratuvarı'na getirilmiş ve üzerindeki yabancı maddelerin uzaklaştırılması amacı ile yıkanmıştır. Laboratuvara getirilen örneklerin total boyları ölçülmüş (0.1 cm), sağ ve sol ayrımları yapılarak sagittal otolitleri çiftler halinde çıkarılmıştır. Zarar gören otolitler çalışmaya

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

dahil edilmemiştir. Daha sonra sağ ve sol otolit ağırlıkları hassas terazi yardımıyla tartılmıştır (± 0,00001g). Otolit kütle asimetrisi (X) aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır; $X = (M_R - M_L) / M$; MR sağ otolitin, ML sol otolitin kütlesini ifade etmektedir. M değeri ise sağ ve sol otolitlerin kütlelerinin ortalamasıdır. Bununla birlikte bu değer -2 ile +2 arasında değişiklik göstermektedir. X değeri pozitif olduğunda sağ otolit kütlesi sol otolit kütlesinden daha büyüktür ve negatif olduğunda ise bunun tersi durum söz konusudur. x = -2 veya x = +2 maksimum asimetriyi (bir otolitin yokluğunu) temsil etmektedir. Mutlak kütle asimetrisi (|x|), otolit kütle asimetrisinin mutlak değeri hesaplanarak belirlenmiştir. Balık boyu ile otolit kütle asimetrisi arasındaki doğrusal ilişkiler X=b.TL+a denklemi ile belirlenmiştir. Denklemdeki b değeri otolitin büyüme hızı ile karakterize edilen katsayı, a ise ilişki sabitidir (Lychakov vd., 2008). Öncelikle sağ ve sol otolit çiftleri arasında ağırlık bakımından farklılık olup olmadığı test edilmiştir. Lokaliteler arasında otolit kütle asimetrisi ve mutlak kütle asimetrisinin fark gösterip göstermediği Mann-Whitney U testi ile karşılaştırılmıştır. Analizlerde MİNİTAB 15.0, SPSS 21.0 ve Excel istatistiksel analiz paket programları kullanılmıştır.

3. SONUÇLAR

Karadeniz, Marmara Denizi ve Akdeniz'den örneklenmiş olan istavrit balığının boy ve otolit ölçümlerine ait tanımlayıcı istatistik değerleri Çizelge 1'de sunulmuştur. Gerçekleştirilen balık boyu ölçümleri üç lokasyondan da örneklenen istavrit bireylerinin toplam boy değerlerinin birbirlerine yakın olduğunu göstermektedir.

Çizelge 1. İstavrit bireylerinin balık boyu ve otolit ağırlıklarının lokasyonlara göre tanımlayıcı istatistikleri

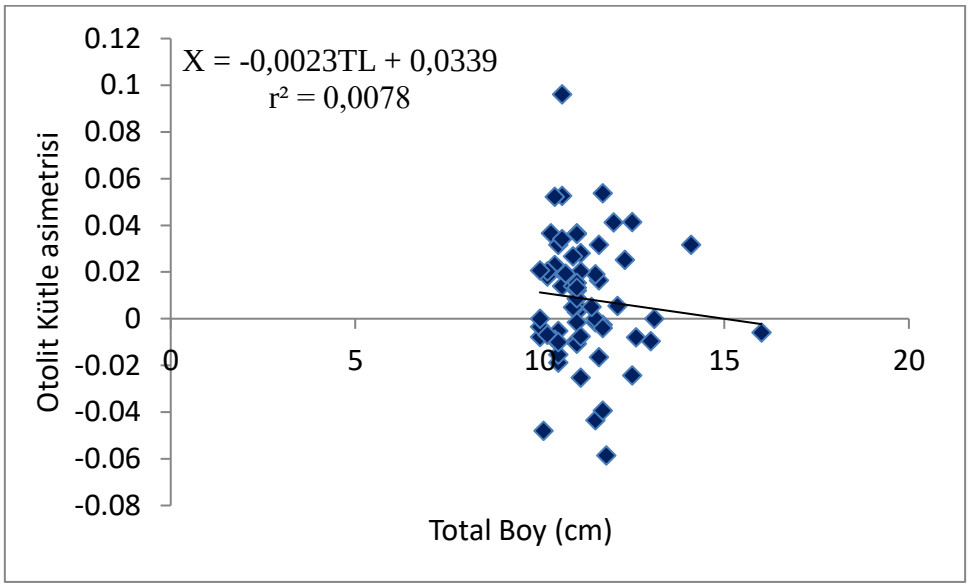
Stok/ Değişkenler		N	Min.	Maks	Ort	SS
AD	TL	61	10,1	17,3	12,857	1,4813
	ROA	61	0,003	0,0166	0,007333	0,0020931
	SOA	61	0,002	0,0165	0,007250	0,0020804
	X	61	-0,11765	0,21672	0,0126961	0,03760012
	IXI	61	0,00000	0,21672	0,0241590	0,03137299
KD	TL	65	10,0	16,0	11,206	1,0206
	ROA	65	0,0052	0,0137	0,007012	0,0014109
	SOA	65	0,0048	0,0138	0,006956	0,0014218
	X	65	-0,05856	0,09619	0,0085471	0,02608289
	IXI	65	0,00000	0,09619	0,0205802	0,01800962
MD	TL	64	11,6	18,4	14,573	1,2352
	ROA	64	0,0075	0,0174	0,011592	0,0025687
	SOA	64	0,0074	0,0175	0,011614	0,0025838
	X	64	-0,08496	0,04543	-0,001560	0,02287690
	IXI	64	0,00000	0,08496	0,0175135	0,01463675

AD: Akdeniz, KD: Karadeniz, Md: Marmara Denizi, TL: Total Boy, ROA: Sağ Otolit Ağırlığı, SOA: Sol Otolit Ağırlığı, Min: Minimum, Maks: Maksimum, Ort: Ortalama, Ss: Standart sapma

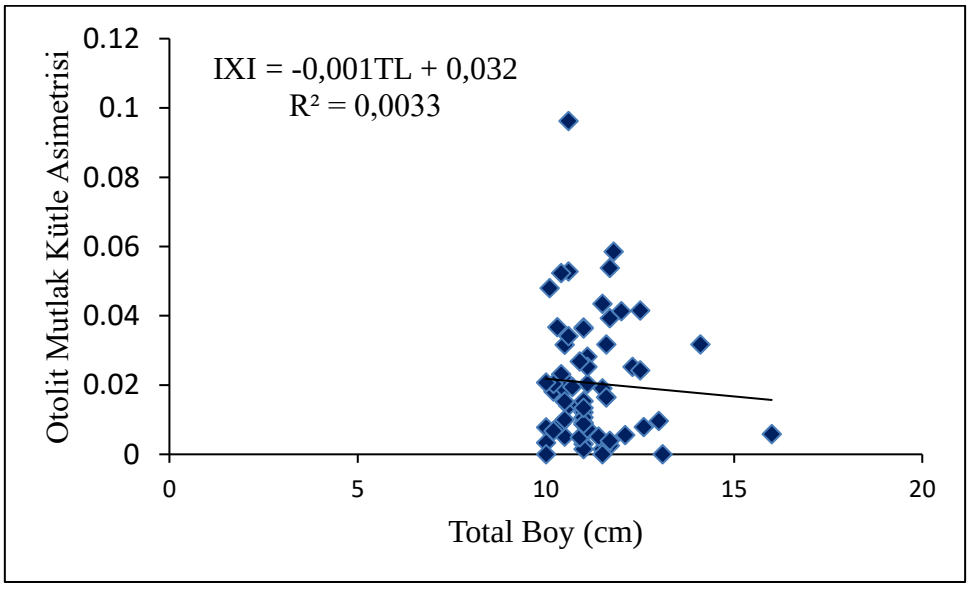
ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Türün otolit kütle asimetrisinin lokaliteler arasında farklılık göstermediği saptanmıştır (Kruskal-Wallis test, P >0,05). Otolit mutlak kütle asimetrisinin de habitatlar arasında istatistiki olarak benzer olduğu tespit edilmiştir (Kruskal-Wallis test, P >0,05).

Otolit kütle asimetrisi-balık boyu arasındaki doğrusal ilişki denklemleri Karadeniz, Marmara Denizi ve Akdeniz için sırasıyla X=-0,0023TL+0,0339 (r^2=0,0078), X=-0,002TL+0,0279 (r^2=0,0119) ve X=-0,0024x+0,0438 (r^2 = 0,0091) olarak hesaplanmıştır (Görsel 1-6). Her üç lokasyonda da çizilen tüm doğrusal ilişkilerin P değeri dikkate alındığında otolit kütle/mutlak otolit kütle asimetrisinin balık boyu ile ilişkisinin olmadığı belirlenmiştir (P>0,05).

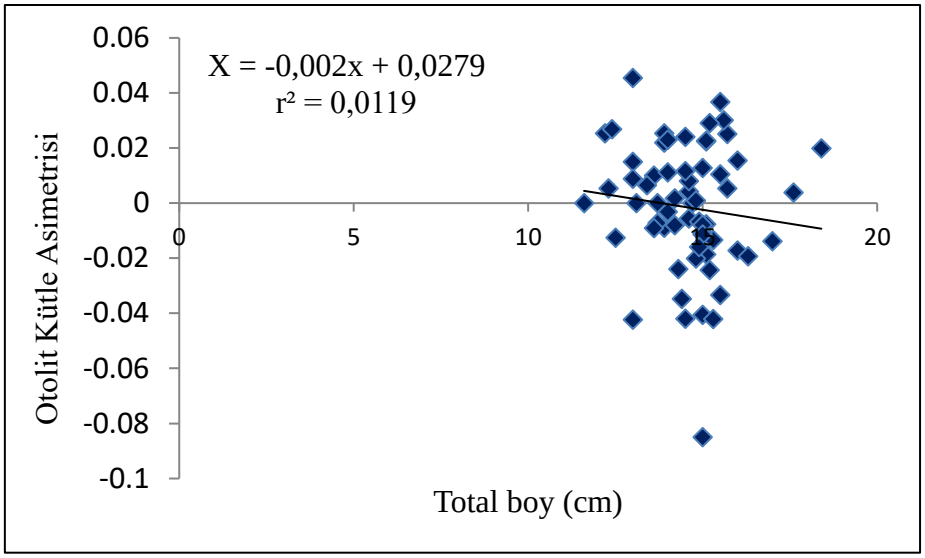


Görsel 1. Karadeniz örneklerinin X-balık boyu arasındaki ilişki

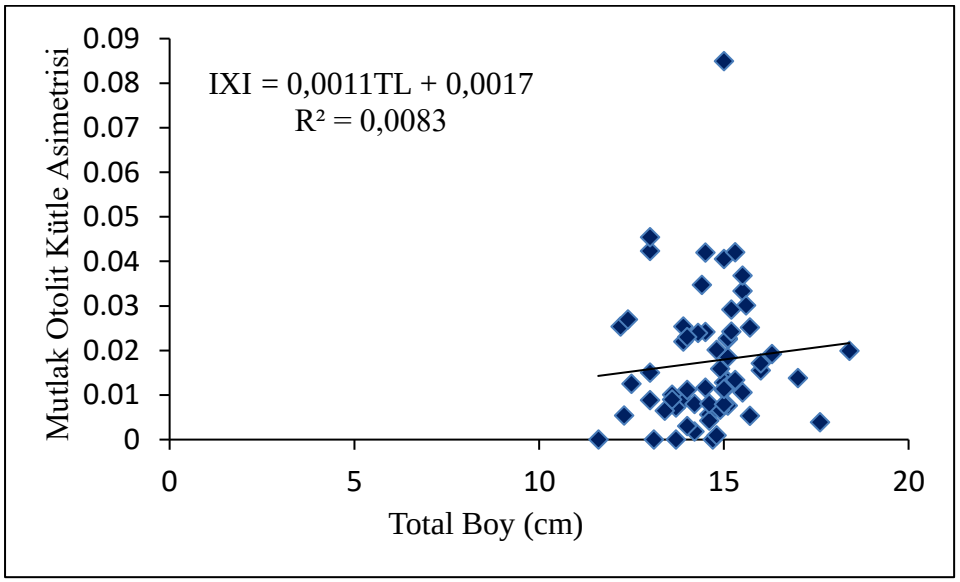


Görsel 2. Karadeniz örneklerinin IXI -balık boyu arasındaki ilişki

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

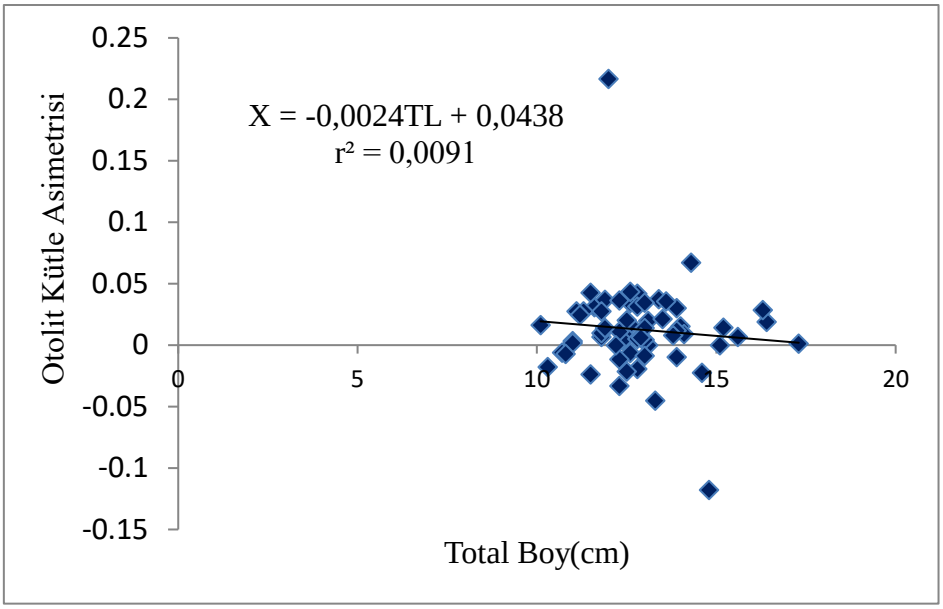


Görsel 3. Marmara Denizi örneklerinin X-balık boyu arasındaki ilişki

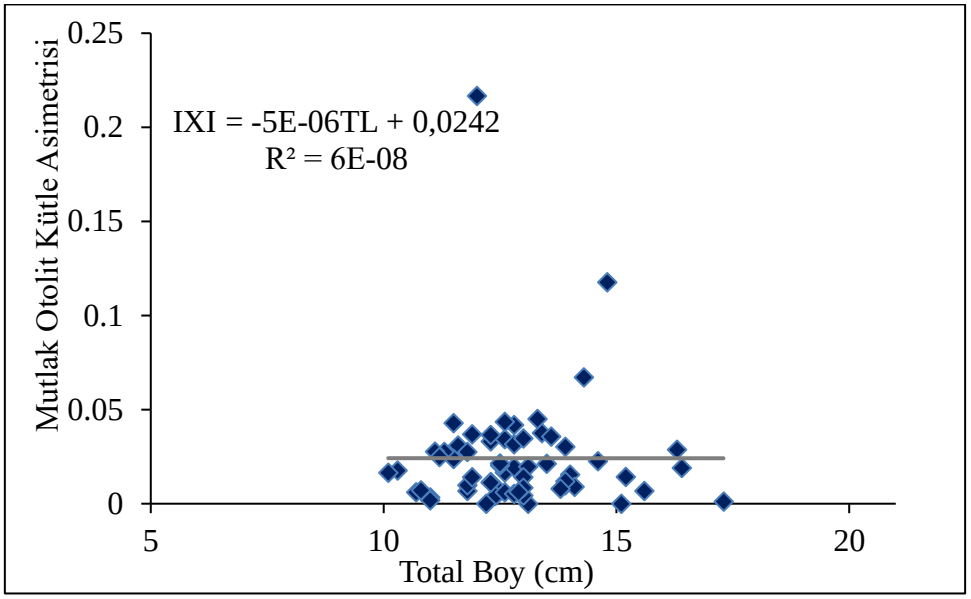


Görsel 4. Marmara Denizi örneklerinin IXI-balık boyu arasındaki ilişki

ISBN NR: 978-625-5694-58-4



Görsel 5. Akdeniz örneklerinin X-balık boyu arasındaki ilişki



Görsel 6. Akdeniz örneklerinin IXI-balık boyu arasındaki ilişki

4. GENEL DERĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Gerçekleştirilen analizler sonucunda ortalama otolit kütle asimetrisi (X±se) değerleri Karadeniz, Marmara Denizi ve Akdeniz için sırasıyla 0,0085±0,02, -0,0015±0,02 ve 0,0126±0,03, mutlak kütle asimetrisi ($|X|$ ±se) ise 0,020±0,001, 0,0175±0,001 ve 0,024±0,003 olarak hesaplanmıştır. Lychakov vd (2006), gerçekleştirdikleri çalışmalarında, otolit kütle asimetrisi (x) değerinin, -0,2 ve +0,2 aralığında değiştiğini ortaya çıkarmışlardır. Bu çalışmada da hesaplanan ortalama otolit kütle asimetrisinin de belirtilen aralıkta olduğu belirlenmiştir. Literatürde, farklı balık türlerinin otolit kütle asimetrisi ve mutlak otolit kütle asimetrisinin incelendiği çalışmalar mevcuttur (Lychakov vd. 2006; Yedier vd. 2018; Kontaş vd., 2019; Bouriga vd., 2021, Jawad ve Adams, 2022; Özpiçak ve Saygın, 2023; İmamaoğlu vd., 2024). Otolit kütle asimetrisindeki farklılıklar, kirlilik, pestisitler, insektisitler, herbisitler, avcı baskısı,

yiyecek ve ağır metal eksikliği, sudaki iyon değişimi, otolitlerde birikme sorunları, otolitlerin kristal yapıları (örn. aragonitik, vateritik) ve hastalık, genetik yatkınlık ve hatta bunların bir kısmının veya tamamının kombinasyonları ile de ilgilidir (Bostancı vd., 2017). Ayrıca, antropojenik faktörlerin yanı sıra çevresel faktörlerin varyasyonlarının da otolitlerin gelişimi üzerinde dikkate değer etkilerinin olduğu da bilinmektedir (Munday vd., 2011). Bostanci vd. (2018), Orta Karadeniz Bölgesi'nden örnekledikleri istavrit balığının otolitlerinde dalgacık asimetrisini incelemişlerdir ve otolit eni değerinin en yüksek asimetriye sahip olduğunu saptamışlardır. Ancak literatürde *T.mediterraneus* türünün hem otoit kütle asimetrisi hem de mutlak otolit kütle asimetrisinin araştırıldığı bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Bu çalışmanın sonuçlarına göre, hem otolit kütle asimetrisi hem de mutlak kütle asimetrisinin lokaliteler arasında fark göstermediği saptanmıştır (Kruskal-Wallis, P>0,05). Turan (2006), Türkiye sularındaki istavritlerin tek bir stok halinde yönetilmesi gerektiğini bildirmiştir. Lokasyonlar arasında herhangi bir fark saptanmamış olması da bu görüşü destekleyici niteliktedir. Ayrıca, literatür incelendiğinde hem deniz hem de tatlısu balıklarında otolit kütle asimetrisi ile mutlak otolit kütle asimetrisinin balık boyu ile ilişkilendirildiği farklı çalışmaların olduğu görülmüştür. Sagittal otolit kütle asimetrisindeki farklılıklar total boy ile birlikte artmasına rağmen, bu durum pelajik balıklara göre dip balıklarında daha fazla görülen bir olgudur (Lychakov vd., 2006). Ancak mevcut çalışmanın sonuçlarına göre; tüm lokasyonlarda otolit kütle asimetrisinin total boy ile herhangi bir ilişki mevcut değildir. Ayrıca yine mutlak otolit kütle asimetrisi-toplam boy ($p>0.05$) arasında anlamlı bir ilişki bulunmadığı hipotezi desteklememektedir (Jawad, 2013; Mille vd., 2015; Yedier vd., 2018; Bouriga vd., 2021).

Dünya çapında yapılan çok sayıda araştırmada otolit kütle ve şekil asimetrilerin incelenmiştir. Türkiye'de ise otolit kütle asimetrisi çalışmaları sınırlı saydadır (Yedier vd., 2018; Kontaş vd., 2019; Kurucu vd., 2019; Özpiçak ve Saygın, 2023; İmamoğlu vd., 2024). otolit kütle asimetrisi üzerine yapılan daha önceki araştırmalara göre, çevresel stres ile kirliliğe bağlı asimetri arasında bir bağlantı vardır (Jawad vd., 2012). Dolayısı ile otolit kütle asimetrisi çevresel stresin bir sonucu olarak karşımıza çıkabilmektedir.

Bu çalışma, Karadeniz, Marmara Denizi ve Akdeniz'den örneklenen istavrit balığında otolit kütle asimetrisi ve mutlak kütle asimetrisinin belirlendiği ve lokasyonlara göre kıyaslandığı, ayrıca otolit kütle asimetrisi ve mutlak kütle asimetrisinin balık boyu arasındaki ilişkilerin incelenmiş olduğu ilk çalışmadır.

TEŞEKKÜR

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından PYO.FEN.1901.23.002 proje numarası ile desteklenmiştir. Desteklerinden ötürü teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

[1] Smith-Vaniz, W. F., Carangidae. In Fishes of the Northeastern Atlantic and the Mediterranean, pp. 841e842. Ed. by P. J. P. Whitehead, M. L. Bauchot, J. C. Hureau, J. Nielsen, and E. Tortonese. UNESCO, Paris. 1473 pp, 1986

[2] Fischer, W., Schneider, M., and Bauchot, M. L., Fiches FAO d'identification des espe`ces pour les besoins de la peˆche. Mediterrane´e et Mer Noire, Zone de peˆche 37, vol. 2, p. 1028. FAO, CEE, Rome. 1529 pp, 1987.

[3] TÜIK, 2022. Production Quantity of Sea Fish, 2019, 2020. https://www.tuik.gov.tr/.

[4] FAO, 2023. Fishery and aquaculture statistics. Global capture production 1950-2019 (FishstatJ). In: FAO Fisheries Division [online]. Rome. Updated 2021. www.fao.or g/fishery/statistics/software/fishstatj/en.2023

[5] Schulz-Mirbach, T., Ladich, F. *Diversity of inner ears in fishes: possible contribution towards hearing improvements and evolutionary considerations.* In Sisneros, J. (Ed.) Fish Hearing and Bioacoustics: An Anthology in Honor of Arthur N. Popper and Richard R. Fay (343–394 pp), Springer International Publishing AG, 2016.

[6] Tuset, V.M., Otero-Ferrer, J.L., Siliprandi, C., Manjabacas, A., Marti-Puig, P., Lombarte, A. Paradox of otolith shape indices: routine but overestimated use, Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 78, 6, 2021.

[7] Chesalin, M.V., Otolith shape analysis of the Mediterranean horse mackerel, *Trachurus mediterraneus* (Steindachner, 1868) (Perciformes: Carangidae) from the coastal waters of Sevastopol and Balaklava (the Black Sea), Russian Journal of Marine Biology, 47, 2021.

[8] Ozpicak, M., Saygin, S., Yilmaz, S., Polat, N. Otolith phenotypic analysis for the endemic Anatolian fish species, Caucasian bleak *Alburnus escherichii* Steindachner, 1897 (Teleostei, Leuciscidae), from Selevir Reservoir, Akarçay Basin, Turkey. Oceanological and Hydrobiological Studies, 50, 2021.

[9] Pavlov, D. A., Otolith morphology and relationships of several fish species of the suborder Scorpaenoidei, Journal of Ichthyology, 61, 33-47, 2021.

[10] Pavlov, D.A. Otolith morphology in gibel carp *Carassius gibelio* and crucian carp *C. carassius* (Cyprinidae), Journal of Ichthyology, 62, 2022.

[11] Jawad, L. A., Shamsan, E. F., Aguilar, G., Hoedemakers, K., Scanning electron microscopy and morphological analysis reveal differences in the otolith morphology of three species of the family Lethrinidae (Teleostei: Perciformes) from Yemen, The Anatomical Record, 306, 2023.

[12] Saygin, S., Otolith shape analysis of red mullet, *Mullus barbatus* (Mullidae) in Turkish Waters of the Aegean, Black, and Mediterranean Seas, Journal of Ichthyology, 1-11, 2024.

[13] Charmpila, E. A., Teimori, A., Reichenbacher, B., Otolith-based species identification in the killifish *Aphaniops* (Teleostei; Cyprinodontiformes; Aphaniidae) using both morphometry and wavelet analysis, Acta Zoologica, 2024.

[14] Neves, J. M., da Silva, V. E., Assis, I. O., Fabré, N. N., Interspecific otolith shape and genetic variability as tools for identifying tropical sympatric and congeneric mullet species, Regional Studies in Marine Science, 81, 103969, 2025.

[15] Campana, S. E. Chemistry and composition of fish otoliths: pathways, mechanisms and applications, Marine ecology progress series, 188, 1999.

[16] Campana, S. E., Thorrold, S. R. Otoliths, increments, and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations?, Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 58, 1, 2001.

[17] Grønkjær, P., Otoliths as individual indicators: A reappraisal of the link between fish physiology and otolith characteristics, Marine and Freshwater Research, 67, 2016.

[18] Jawad, L. A., Shamsan, E. F., Aguilar, G., Hoedemakers, K., Scanning electron microscopy and morphological analysis reveal differences in the otolith morphology of three species of the family Lethrinidae (Teleostei: Perciformes) from Yemen. The Anatomical Record, 306, 2023.

[19] Lychakov, D. V., Rebane, Y. T., Lombarte, A., Fuiman, L. A., Takabayashi, A., Fish otolith asymmetry: morphometry and modeling, Hearing Research, 219 (1-2), 1-11, 2006.

[20] Jawad, L.A., Al-Mamry, J.M., Al-Mamari, H.M., Al-Yarubi, M.M., Al-Busaidi, H.K., Al-Mamary, D.S. Otolith mass asymmetry in *Rhynchorhamphus georgi* (Valenciennes, 1846) (Family: Hemiramphidae) collected from the Sea of Oman. Journal of Black Sea/Mediterranean Environment, 17,1, 2011.

[21] Jawad, L. A., Sadighzadeh, Z. Otolith mass asymmetry in the mugilid fish, *Liza klunzingeri* (Day, 1888) collected from Persian Gulf near Bandar Abbas. Anales de Biología 35, 2013.

[22] Bostanci, D., Yedier, S. Discrimination of invasive fish *Atherina boyeri* (Pisces: Atherinidae) populations by evaluating the performance of otolith morphometrics in several lentic habitats, Fresenius Environmental Bulletin, 27, 2018.

[23] Bostancı D, Türker D, Yedier S, Kontaş S, Kurucu G. Kuzey Ege Denizi Edremit Körfezi'nde yaşayan sarıkuyruk istavrit, *Trachurus mediterraneus* (Steindachner 1868)'un otolit karakterlerinde dalgalı asimetrinin incelenmesi, Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 8, 2018.

[24] Kontas, S., Bostancı, D., Polat, N. Determination of otolith mass asymmetry in *Barbus tauricus* Kessler, 1877 inhabiting lower Melet River (Ordu, Turkey). Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research, 5, 3, 2019.

[25] Labidi, M. B., Mejri, M., Shahin, A. A., Quignard, J. P., Trabelsi, M., Faleh, A. B. Otolith fluctuating asymmetry in Boops boops (Actinopterygii, Sparidae) from two marine stations (Bizerte and Kelibia) in Tunisian waters. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 100(7), 2020.

[26] Bouriga, N., Mejri, M., Dekhil, M., Bejaoui, S., Quignard, J. P., Trabelsi, M. Investigating otolith mass asymmetry in six benthic and pelagic fish species (Actinopterygii) from the Gulf of Tunis, Acta Ichthyologica et Piscatoria, 51, 2, 2021

[27] Ozpicak, M., Saygın, S. Investigation of otolith mass asymmetry in three stocks of European sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) from Türkiye, Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 40, 2023.

[28] Lychakov, D. V. Morphometric studies of fish otoliths in relation to vestibular function, Zh. Evol. Biokhim. Fiziol. 28, 1992.

[29] Al Busaidi, H. K. Otolith mass asymmetry in *Lutjanus ehrenbergii* (Peters, 1869) collected from the Sea of Oman, International Journal of Marine Science, 7, 2017.

[30] Jawad, L., Gnohossou, P., Tossou, A. G. Bilateral asymmetry in the mass and size of otolith of two cichlid species collected from Lake Ahémé and Porto-Novo Lagoon (Bénin, West Africa). In Anales de Biología, 42, 2020.

[31] Lychakov, D. V., Rebane, Y. T., Lombarte, A., Demestre, M., Fuiman, L. A. Saccular otolith mass asymmetry in adult flatfishes, Journal of Fish Biology, 72, 10, 2008.

[32] Yedier, S., Bostanci, D., Kontaş, S., Kurucu, G., Polat, N., Fluctuating asymmetry in otolith dimensions of *Trachurus mediterraneus* collected from the Middle Black Sea. Acta Biologica Turcica, 31(4), 152-159, 2018.

[33] Jawad, L.A., Adams, N.J. Otolith mass asymmetry in the Australian anchovy *Engraulis australis* (White, 1790) predated by Australasian gannets Morus serrator (Gray, 1843), Hauraki Gulf, New Zealand. Cahiers de Biologie Marine, 63, 4, 2022.

[34] Ozpicak, M., Saygın, S. Investigation of otolith mass asymmetry in three stocks of European sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) from Türkiye, Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 40, 2023.

[35] İmamoğlu, C., Polat, N., Saygın, S., Özpiçak, M., Yılmaz, S., Investigation of otolith mass asymmetry of *Squalius* sp. populations sampled from different freshwater sources in Samsun Province (Türkiye), Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 26(2), 479-494, 2024.

[36] Bostancı, D., Kontaş, S., Yedier, S., Kurucu, G., Polat, N., Otolith mass asymmetry of *Barbus tauricus* and *Capoeta banarescui* inhabiting Melet River, Ordu, Turkey. Paper presented at: International Ecology Symposium; Kayseri, Turkey, 2017.

[37] Munday, P.L., Hernaman, V., Dixson, D.L., Thorrold, S.R.., Effect of ocean acidification on otolith development in larvae of a tropical marine fish, Biogeosciences Discussions, 8, 2011.

[38] Jawad, L., Otolith mass asymmetry in C*arangoides caerulepinnatus* (Rüppell, 1830) (family: Carangidae) collected from the sea of Oman. Croatian Journal of Fisheries: Ribarstvo, 71(1), 37-41, 2013.

[39] Mille, T., Mahe, K., Villanueva, M. C., De Pontual, H., Ernande, B., Sagittal otolith morphogenesis asymmetry in marine fishes. Journal of Fish Biology, 87(3), 646-663, 2015.

[40] Jawad, L. A., Al-Mamry, J. M., Al-Mamary, D., Al-Hasani, L., Study on the otolith mass asymmetry in *Lutjanus bengalensis* (Family: Lutjanidae) collected from Muscat City on the Sea of Oman. Journal of FisheriesSciences. com, 6(1), 74, 2012.

[41] Turan, C., The use of otolith shape and chemistry to determine stock structure of Mediterranean horse mackerel *Trachurus mediterraneus* (Steindachner). *Journal of Fish Biology*, *69*, 165-180, 2006.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

EFFECTS OF SELENIUM AND VITAMIN E SUPPLEMENTATION ON METABOLIC AND OXIDANT PARAMETERS IN COWS DURING THE PREPARTUM PERIOD

Assist. Prof. Dr., Serpil AYGÖRMEZ
Department of Biochemistry, Faculty of Veterinary Medicine, Kafkas University, Kars, Türkiye, serpilaygormez@hotmail.com - ORCID ID: 0000-0002-5675-5096

Prof. Dr., Mushap KURU
Department of Obstetrics and Gynecology, Faculty of Veterinary Medicine, Kafkas University, Kars, Türkiye, mushap.kuru@kafkas.edu.tr - ORCID ID: 0000-0003-4409-251X

ABSTRACT
Dairy cows transitioning from the end of pregnancy to the beginning of lactation are vulnerable to health problems during this transition period. Diseases that occur during the transition period affect both the animals well-being and cause economic losses on farms. In addition to treatment costs, dairy cows are unable to achieve high milk production. Increased reactive oxygen species during this period cause oxidative stress. Oxidative stress is generally considered a factor in diseases such as metritis, mastitis, retained placenta, and ketosis during the pre-partum period. Dairy cows during the transition period, particularly those with negative energy balance due to decreased dry matter intake, face various conditions that compromise fertility, such as liver dysfunction, weakened immune systems, oxidative stress, and inflammation. Oxidative stress, which is balanced by naturally occurring antioxidants in dairy cattle, cannot be balanced by the increased reactive oxygen species during the prepartum period. For these reasons, dairy cows need for selenium and Vitamin E supplements increases during the prepartum period. Dairy cows cannot produce selenium and Vitamin E in their bodies. Therefore, they require supplements to maintain high production performance and meet their physiological needs. Selenium and Vitamin E supplementation is important for reducing the incidence of diseases caused by increased reactive oxygen species and improving animal health. Consequently, in this review, we highlight perspectives on Selenium and Vitamin E supplementation in cows during the prepartum period. Therefore, it can be recommended that selenium and Vitamin E supplementation in dairy cows during the prepartum period be supported by scientific studies.
Keywords: Prepartum Period, Selenium, Vitamin E

1. INTRODUCTION
In dairy cows, the period of three weeks before calving and three to four weeks after calving is called the transition period (Pascottini et al., 2020). This period is a critical physiological stage with infectious, inflammation, hormonal adaptations, immune adaptation and metabolic events occurring (Wankhade et al., 2017; Pascottini et al., 2020). During this critical physiological stage, approximately 50% of cows experience adverse health problems (Luchterhand et al., 2016). Approaching lactogenesis and fetal development before calving create difficulties in the transition to lactation (Abuelo et al., 2019; Casaro et al., 2024). Cows in the transition period

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

have a negative energy balance (NEB) with dry matter and low feed intake. The resulting NEB does not meet the energy demand required for milk production in cows (Montagner et al., 2017; Hoffmann et al., 2024). To compensate for the NEB, cows mobilize their fat stores and other reserve resources for energy production (Liu et al., 2024). This leads to the mobilization of body fat in the form of non-esterified fatty acids (NEFA) with a sudden decrease in glucose, amino acids and blood minerals, resulting in the accumulation of oxidation products such as β-hydroxybutyrate (BHB). The increase in prenatal BHB and NEFA and the decrease in glucose and calcium levels increase the risk of postnatal diseases (Casaro et al., 2024). At the same time, the metabolic load of the liver increases, causing the liver to lose its function and the formation of oxidative stress due to the increase in free radicals in the organs also triggers the risks (Mann et al., 2016; Liu et al., 2024). Oxidative stress occurs due to the imbalance between antioxidants and reactive oxygen metabolites (Zhao et al., 2019). For this reason, the evaluation of blood metabolites is of great importance to estimate the metabolic and nutritional status of the cow during this period (Hoffmann et al., 2024). Cows increase the risk of metabolic diseases such as ketosis and hypocalcemia after parturition by mobilizing the need for nutrients and calcium for milk production before parturition (Gul et al., 2024). If high-yielding cows cannot adapt due to the occurrence of various infectious and metabolic disorders, these situations affect reproduction and production efficiency (Wankhade et al., 2017; Pascottini et al., 2020). These metabolic disorders affect milk production and the health of the newborn, leading to economic losses for the producer (Calderon-Amor et al., 2021; Hoffmann et al., 2024). With regular evaluations and veterinary intervention in the prenatal period, a healthy lactation period is experienced after calving (Gul et al., 2024). Early diagnosis of health problems reduces the mortality rate on the farm by shortening the duration of health problems and preventing their severity (Luchterhand et al., 2016).

2. EFFECT OF SELENIUM SUPPLEMENTATION ON METABOLIC AND OXIDATIVE PARAMETERS

During the transition period in cows, the need for trace elements increases due to deterioration of liver function and decreased dry matter intake. In dairy cows, trace elements have an important place for critical biological functions such as reproductive function, energy metabolism, oxidative metabolism, nutrient metabolism and immunity (Chen et al., 2023). For ruminants, selenium is an essential micronutrient (Gong and Xiao, 2018; Cruickshank et al., 2025). It is also a powerful free radical scavenger antioxidant (Khatti et al., 2017). Selenium plays a role in the antioxidant system as an important part of glutathione peroxidase, which can prevent lipid hydroperoxides and hydrogen peroxide (Jovanovic et al., 2013; Chen et al., 2023; Ding et al., 2025). During the transition period, an increase in the metabolism of body tissues, including the reproductive organs, is observed. This increase leads to an increase in free radicals. Oxidative stress caused by the increase in free radicals affects reproductive periods such as oocyte formation (Khatti et al., 2017). The balance between antioxidants and oxidants is necessary to increase the productivity of dairy cows (Zahrazadeh et al., 2018). It is effective in reducing the severity of various diseases such as oxidative stress and mastitis by increasing immune function with its antioxidant effect. Selenium is needed in dairy cows during lactation, pregnancy, growth and cow care. It has been reported that supplements above recommended requirements can improve animal health and performance during the transition period (Gong

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

and Xiao, 2018). Oxidative stress is among the factors contributing to disorders in the prenatal, reproductive and milking periods (Zahrazadeh et al., 2018; Barcarolo et al., 2024). In its deficiency, placental retention and perinatal metritis occur easily (Khalili et al., 2019). It has been reported that dairy cows with high body condition scores before calving lose their body condition scores after calving, increasing thiobarbituric acid precursors and reactive oxygen species, and decreasing superoxide dismutase (Zahrazadeh et al., 2018). For these reasons, assessing selenium status in transition cows is of great importance. Selenium is usually assessed by measuring glutathione peroxidase activity or selenium concentration (Gong and Xiao, 2016). In a study, it was reported that selenium administration in the prenatal period improved nutrient metabolism (BHB, NEFA, glucose, insulin) and attenuated the inflammatory response (tumor necrosis factor-α (TNF-α), interleukin (IL)-1β, IL-6) after calving, allowing dairy cows to adapt to metabolic and immunological changes (Gong and Xiao, 2021). It has been stated that selenium supplementation along with increasing energy content in cows during the transition period increases immune cell function (phagocytic activity of granulocytes, lymphocyte proliferation test), reduces oxidative stress (malondialdehyde, superoxide dismutase, catalase, total antioxidant capacity) and improves postpartum pregnancy rate (estrus) (Khatti et al., 2017).

3. EFFECT OF VITAMIN E SUPPLEMENTATION ON METABOLIC AND OXIDATIVE PARAMETERS

Immune function is suppressed in dairy cows during the transition period. Decreased neutrophil function particularly increases the risk of mastitis. Reactive oxygen species are produced during the normal metabolism of cells. Reactive oxygen species produced to prevent cell membrane damage are destroyed by cellular antioxidants. Vitamin E, a fat-soluble vitamin, is a powerful antioxidant used as a supplement in cows (Pontes et al., 2015; Barcelos et al., 2022). Vitamin E, which has the ability to suppress free radicals, prevents oxidative damage (Chandra et al., 2018; Jung et al., 2023). Vitamin E supplementation in cows is necessary to prevent lipid mobilization in case of NEB (Chandra et al., 2018). During the prenatal period, the level of Vitamin E in the blood gradually decreases. After calving, it is at its lowest levels. Low Vitamin E levels are associated with the incidence of diseases such as displacement of the abomasum after calving, retention of fetal membranes, breast edema, metritis and mastitis (Haga et al., 2021; Xiao et al., 2021). Additionally, the functioning of the pituitary-thyroid system slows down in cows fed with low Vitamin E content. Vitamin E supplementation in the prenatal period reduces cortisol concentration and oxidative stress by reducing reactive oxygen metabolites (Chandra et al., 2018). It improves reproductive performance after calving (Jung et al., 2023). Vitamin E supplementation regulates the secretion of steroid hormones, apoptosis, and cell proliferation by regulating the expression of genes related to steroidogenesis, apoptosis, and cell cycle (Wang et al., 2021). It also alleviates immunosuppression by reducing malondialdehyde levels (Li et al., 2024). For these reasons, Vitamin E supplementation is used to improve animal welfare (Jung et al., 2023). In one study, it was reported that Vitamin E administration before parturition protected cows from oxidative stress by increasing glutathione levels and glutathione peroxidase activity, and as a result, was effective in reducing calving stress (Yenilmez et al., 2022). Vitamin E supplementation during the transition period has been

reported to improve cow health, increase productivity, and reduce economic losses related to diseases (Ding et al., 2025).

4. CONCLUSION

Serious health problems occur in dairy cattle as a result of the disruption of the redox balance between the animal's natural antioxidant system and oxidant production. Selenium and Vitamin E supplements have beneficial effects on metabolism in order to prevent the negative energy balance that occurs before parturition in transition period dairy cows. Supplementing cows with sufficient selenium and Vitamin E during the prenatal period is an effective way to prevent oxidative stress, which is the precursor of many diseases. Selenium and Vitamin E supplements during the prenatal period have positive effects on the health of dairy cows. It also affects lipid metabolism by increasing the protein and fat content in milk. Consequently, in this review, we highlight perspectives on selenium and vitamin E supplementation in cows during the prepartum period. Thus, it can be recommended that selenium and Vitamin E supplements be supported by scientific studies in the prenatal period in dairy cows.

5. REFERENCES

Abuelo, A., Hernández, J., Benedito, J. L., & Castillo, C. (2019). Redox biology in transition periods of dairy cattle: Role in the health of periparturient and neonatal animals. *Antioxidants, 8*(1), 20.

Barcarolo, D., Angeli, E., Etchevers, L., Ribas, L. E., Matiller, V., Rey, F., Ortega, H. H., & Hein, G. J. (2024). Effect of parenteral supplementation of minerals and vitamins on oxidative stress biomarkers and hepatic fatty acid metabolism in dairy cows during the transition period. *Biological Trace Element Research*, *202*(4), 1582-1593.

Barcelos, B., Gomes, V., Vidal, A. M. C., de Freitas Júnior, J. E., de Araújo, M. L. G. M. L., Alba, H. D. R., & Netto, A. S. (2022). Effect of selenium and vitamin E supplementation on the metabolic status of dairy goats and respective goat kids in the peripartum period. *Tropical Animal Health and Production*, *54*(1), 36.

Calderon-Amor, J., Hernández-Gotelli, C., Strappini, A., Wittwer, F., & Sepúlveda-Varas, P. (2021). Prepartum factors associated with postpartum diseases in pasture-based dairy cows. *Preventive Veterinary Medicine*, *196*, 105475.

Casaro, S., Pérez-Báez, J., Bisinotto, R. S., Chebel, R. C., Prim, J. G., Gonzalez, T. D., Gomes, G. C., Tao, S., Toledo, I. M., Amaral, B. C., Bollati, J. M., Zenobi, M. G., Martinez, N., Dahl, G. E., Santos, J. E. P., & Galvão, K. N. (2024). Association between prepartum body condition score and prepartum and postpartum dry matter intake and energy balance in multiparous Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, *107*(7), 4381-4393.

Chandra, G., Aggarwal, A., Kumar, M., & Singh, A. K. (2018). Effect of zinc and vitamin E supplementation on hormones and blood biochemicals in peri-partum Sahiwal cows. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, *50*, 489-497.

Chen, Y. H., Chen, Y. M., Tu, P. A., Lee, K. H., Chen, J. Y., & Hsu, J. T. (2023). Effect of supplementing vitamin E, selenium, copper, zinc, and manganese during the transition period on dairy cow reproductive performance and immune function. *Veterinary Sciences*, *10*(3), 225.

Cruickshank, K. M., Ribeiro, E. S., Gehman, A. M., Cangiano, L. R., McBride, B. W., & Steele, M. A. (2025). Effects of supplementary selenium source on antioxidant status, inflammatory signaling, and gene expression of immune cells during endotoxin challenge in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. *108*(9), 10275-10286.

Ding, Y., Sun, R., Jiang, X., Hao, Y., Song, Y., Jia, X., Bai, Y., & Xia, C. (2025). Combined Vitamin E and selenium supplementation enhances antioxidant status, reduces disease incidence, and improves economic returns in transition dairy cows. *Veterinary World*, *18*(8), 2439.

Gong, J., & Xiao, M. (2016). Selenium and antioxidant status in dairy cows at different stages of lactation. *Biological Trace Element Research*, *171*(1), 89-93.

Gong, J., & Xiao, M. (2018). Effect of organic selenium supplementation on selenium status, oxidative stress, and antioxidant status in selenium-adequate dairy cows during the periparturient period. *Biological Trace Element Research*, *186*(2), 430-440.

Gong, J., & Xiao, M. (2021). Increasing selenium supply during the close-up dry period improves nutrient metabolism and attenuates inflammatory response after calving in dairy cows. *Animal Science Journal*, *92*(1), e13551.

Gul, F., Amin, H., Naz, S., Khan, M. T., Alhidary, I. A., Khan, R. U., Pugliese, G., & Tufarelli, V. (2024). Evaluation of blood minerals and oxidative stress changing pattern in prepartum and postpartum Achai and Holstein Friesian dairy cows. *Reproduction in Domestic Animals*, *59*(1), e14525.

Haga, S., Ishizaki, H., & Roh, S. (2021). The physiological roles of vitamin E and hypovitaminosis E in the transition period of high-yielding dairy cows. *Animals*, *11*(4), 1088.

Hoffmann, D. A. C., Furtado, M., Bragança, L. F., Araujo, G. D. M., Moreira, F., Rabassa, V. R., Feijo, J. O., Correa, M. N., Peripolli, V., & Schwegler, E. (2024). Metabolic profile of prepartum dairy cows and its influence on the immediate postpartum period, colostrum quality and passive immunity transference. *The Veterinary Journal*, *308*, 106260.

Jovanovic, I. B., Veličković, M., Vuković, D., Milanović, S., Valčić, O., & Gvozdić, D. (2013). Effects of different amounts of supplemental selenium and vitamin E on the incidence of retained placenta, selenium, malondialdehyde, and thyronines status in cows treated with prostaglandin F2α for the induction of parturition. *Journal of Veterinary Medicine*, *2013*(1), 867453.

Jung, D. J. S., Kim, D. H., Beak, S. H., Cho, I. G., Hong, S. J., Lee, J., Lee, J. O., Kim, H. J., Malekkhahi, M., & Baik, M. (2023). Effects of vitamin E and selenium administration on transportation stress in pregnant dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, *106*(12), 9576-9586.

Khalili, M., Chamani, M., Amanlou, H., Nikkhah, A., Sadeghi, A. A., Dehkordi, F. K., Rafiei, M., & Shirani, V. (2019). The effect of feeding inorganic and organic selenium sources on the hematological blood parameters, reproduction and health of dairy cows in the transition period. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, *42*, e45371.

Khatti, A., Mehrotra, S., Patel, P. K., Singh, G., Maurya, V. P., Mahla, A. S., Chaudhari, R. K., Das, G. K., Singh, M., Sarkar, M., Kumar, H., & Krishnaswamy, N. (2017). Supplementation of vitamin E, selenium and increased energy allowance mitigates the transition stress and improves postpartum reproductive performance in the crossbred cow. *Theriogenology*, *104*, 142-148.

Li, C. Y., Lin, W. C., Moonmanee, T., Chan, J. P. W., & Wang, C. K. (2024). The protective role of vitamin E against oxidative stress and immunosuppression induced by non-esterified fatty acids in bovine peripheral blood leukocytes. *Animals*, *14*(7), 1079.

Liu, X., Yao, S., Liu, Y., Han, H., Wang, W., Yi, Q., Yan, L., Ji, P., Zhang, L., & Liu, G. (2024). Effects of prepartum L-Tryptophan supplementation on the postpartum performance of Holstein cows. *Animals*, *14*(9), 1278.

Luchterhand, K. M., Silva, P. R., Chebel, R. C., & Endres, M. I. (2016). Association between prepartum feeding behavior and periparturient health disorders in dairy cows. *Frontiers in Veterinary Science*, *3*, 65.

Mann, S., Nydam, D. V., Abuelo, A., Yepes, F. L., Overton, T. R., & Wakshlag, J. J. (2016). Insulin signaling, inflammation, and lipolysis in subcutaneous adipose tissue of transition dairy cows either overfed energy during the prepartum period or fed a controlled-energy diet. *Journal of Dairy Science*, *99*(8), 6737-6752.

Montagner, P., Tavares Krause, A. R., Schwegler, E., Menoncin Weschenfelder, M., Stein Maffi, A., Gularte Xavier, E., Schneider, A., Pereira, R. A., Jacometo, C. B., Schmitt, E., Brauner, C. C., Pino, F. A. B. D., & Nunes Corrêa, M. (2017). Relationship between pre-partum body condition score changes, acute phase proteins and energy metabolism markers during the peripartum period in dairy cows. *Italian Journal of Animal Science*, *16*(2), 329-336.

Pascottini, O. B., Leroy, J. L., & Opsomer, G. (2020). Metabolic stress in the transition period of dairy cows: Focusing on the prepartum period. *Animals*, *10*(8), 1419.

Pontes, G. C. D. S., Monteiro Jr, P. L. J., Prata, A. B., Guardieiro, M. M., Pinto, D. A. M., Fernandes, G. O., Wiltbank, M. C., Santos, J. E. P., & Sartori, R. (2015). Effect of injectable

vitamin E on incidence of retained fetal membranes and reproductive performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *98*(4), 2437-2449.

Yenilmez, K., Atalay, H., Cellat, M., Etyemez, M., Atmaca, G., & Gürsel, F. E. (2022). The effect of vitamin E administration to dairy cows in the prepartum period on some metabolic, oxidative and reproductive parameters. *Large Animal Review*, *28*(5), 235-240.

Zahrazadeh, M., Riasi, A., Farhangfar, H., & Mahyari, S. A. (2018). Effects of close-up body condition score and selenium-vitamin E injection on lactation performance, blood metabolites, and oxidative status in high-producing dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *101*(11), 10495-10504.

Zhao, W., Chen, X., Xiao, J., Chen, X. H., Zhang, X. F., Wang, T., Zhen, Y. G., & Qin, G. X. (2019). Prepartum body condition score affects milk yield, lipid metabolism, and oxidation status of Holstein cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *32*(12), 1889.

Wang, M., Li, Y., Molenaar, A., Li, Q., Cao, Y., Shen, Y., Chen, P., Yan, J., Gao, Y., & Li, J. (2021). Vitamin E and selenium supplementation synergistically alleviate the injury induced by hydrogen peroxide in bovine granulosa cells. *Theriogenology*, *170*, 91-106.

Wankhade, P. R., Manimaran, A., Kumaresan, A., Jeyakumar, S., Ramesha, K. P., Sejian, V., Rajendran, D., & Varghese, M. R. (2017). Metabolic and immunological changes in transition dairy cows: A review. *Veterinary World*, *10*(11), 1367.

Xiao, J., Khan, M. Z., Ma, Y., Alugongo, G. M., Ma, J., Chen, T., Khan, A., & Cao, Z. (2021). The antioxidant properties of selenium and vitamin E; their role in periparturient dairy cattle health regulation. *Antioxidants*, *10*(10), 1555.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF QUINACRINE AGAINST LIPOPOLYSACCHARIDE-INDUCED SPLEEN DAMAGE IN RATS

Assoc. Prof. Dr., Sefa KÜÇÜKLER
Department of Biochemistry, Faculty of Veterinary Medicine, Atatürk University, Erzurum, Türkiye, sefa.kucukler@atauni.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-8222-5515

Assist. Prof. Dr., Serpil AYGÖRMEZ
Department of Biochemistry, Faculty of Veterinary Medicine, Kafkas University, Kars, Türkiye, serpilaygormez@hotmail.com - ORCID ID: 0000-0002-5675-5096

ABSTRACT
This study aimed to investigate the possible protective effects of Quinacrine against Lipopolysaccharide (LPS)-induced splenic injury. Thirty-five rats were divided into five groups: Control, Quinacrine, LPS, LPS+Quinacrine10, and LPS+Quinacrine30. Quinacrine10 and Quinacrine30 mg/kg were administered orally for three days, and 3 mg/kg LPS was administered i.p. as a single dose on the third day. The effects of these treatments were evaluated biochemically by analyzing malondialdehyde and glutathione levels, and superoxide dismutase activity. When the malondialdehyde levels in the spleen tissue were evaluated, it was determined that the level of malondialdehyde, the end product of lipid peroxidation, increased in the spleen tissue of LPS-treated rats ($p<0.05$). It was determined that LPS+Quinacrine10 and LPS+Quinacrine30 treatments reduced this increase in a dose-dependent manner. Glutathione levels, a non-enzymatic antioxidant, were found to decrease in the LPS-treated group ($p<0.05$). Quinacrine10 and Quinacrine30 administration was found to increase this decrease. LPS administration in spleen tissue was found to significantly reduce the activity of the antioxidant enzyme superoxide dismutase compared to the untreated group ($p<0.05$). Quinacrine (10 and 30 mg/kg) used in conjunction with LPS increased the activity of the antioxidant enzyme superoxide dismutase. In conclusion, the effectiveness of Quinacrine in LPS-induced splenic injury has been demonstrated, and its use as a supportive treatment is considered beneficial.
Keywords: Lipopolysaccharide, Quinacrine, Malondialdehyde, Glutathione, Superoxide dismutase

1. INTRODUCTION
Lipopolysaccharide (LPS), a glycolipid component, is found in the outer cell wall of gram-negative bacteria (Asejeje et al., 2023). LPS plays a role in the initiation of septic shock and sepsis by acting as an endotoxin (Ali et al., 2024; İlhan et al., 2025). It is widely found in the digestive system of animals and humans (Asejeje et al., 2023). Bacterial LPS plays a vital role in preventing toxins from entering the bloodstream, protecting the intestinal barrier, preserving the integrity of the intestinal epithelium and the intestinal microbiota. However, any change in the intestine in animals and humans increases endotoxin levels (Khan et al., 2021). Endotoxin action on various organs causes harmful effects by causing the production and release of cytokines (Ahmadabady et al., 2021; Francis et al., 2023; İlhan et al., 2025). In animal models, LPS is used to create oxidative stress by playing a role in the pathogenesis of oxidative stress

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

(Skibska et al., 2023; Çomaklı et al., 2024). Oxidative stress causes the destruction of protein structures in the cytoplasm and cell membrane, lipid peroxidation and deoxyribose nucleic acid damage (Asejeje et al., 2023; İlhan et al., 2025). Tissue damage caused by LPS is attributed to mediators produced by macrophages (Asejeje et al., 2023). Increased reactive oxygen species in the formation of oxidative stress play a role in tissue damage (İlhan et al., 2025; Lv et al., 2025). Antioxidants such as superoxide dismutase act in response to oxidative stress in cells (İlhan et al., 2025). Antioxidant and anti-inflammatory substances are widely used in tissue damage caused by LPS (Lv et al., 2025).

Quinacrine (4-N-(6-chloro-2-methoxyacridin-9-yl)-1-N,1-N-diethylpentane-1, 4-diamine), a quinoline derivative, is used clinically for the treatment of giardiasis and malaria infections (Park et al., 2018; Fu et al., 2022). It is also useful in the treatment of cutaneous sarcoidosis, lupus erythematosus and cancer (Abo El-Magd et al., 2021). Additionally, it binds to and inhibits proteins in multidrug resistance (Islam et al., 2023). It is an inhibitor of phospholipase-A2, which is responsible for lysophospholipids and free fatty acids by hydrolyzing membrane phospholipids (Ding et al., 2018; Abo El-Magd et al., 2021). It is also effective in reducing inflammation and oxidative stress (Esmail et al., 2024).

The aim of the presented study was to investigate the effects of Quinacrine on LPS-induced spleen damage.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Chemicals

LPS from Escherichia coli O127:B8 (Cat. No. L3129) and Quinacrine (Cat. No. Q3251, purity: ≥90%, molecular weight: 472.88) were purchased from Sigma-Aldrich, Inc. (St. Louis, USA). Other chemicals were of analytical grade and were obtained from Sigma.

2.2. Ethical Approval

Ethical approval was obtained from Atatürk University Animal Experiments Local Ethics Committee (Approval No: 2025/12/289).

2.3. Groups and Experimental Procedures

In our study, thirty-five male Sprague-Dawley rats were divided into five groups of seven animals each. The rats were housed in cages at 24-25°C with a 12-hour light-dark cycle.

Control: Rats were given distilled water orally for three days.

Quinacrine: Rats were given 30 mg/kg Quinacrine orally for three days (Al Asmari et al., 2017).

LPS: A single dose of 3 mg/kg LPS was administered i.p to rats on the third day (Çomaklı et al., 2024).

LPS+Quinacrine10: Rats were given 10 mg/kg Quinacrine orally for three days. On the third day, 3 mg/kg LPS was given i.p.

LPS+Quinacrine30: Rats were given 30 mg/kg Quinacrine orally for three days. On the third day, 3 mg/kg LPS was given i.p.

Twenty-four hours after the last drug administration (day 4), rats were decapitated under light sevoflurane (Sevorane®; Queenborough, England) anesthesia, and spleen tissue was collected. The spleen tissue was stored at -80°C for biochemical analyses.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

2.4. Analyses of Malondialdehyde and Glutathione Levels and Superoxide Dismutase Activity

Spleen tissue was homogenized with 1.15% potassium chloride to determine malondialdehyde and glutathione levels and superoxide dismutase activity, and supernatant was obtained by centrifugation. To determine the level of lipid peroxidation in spleen tissue, the absorbance of the color formed by the thiobarbituric acid reaction at 532 nm was measured (Placer et al., 1966). Superoxide dismutase activity was analyzed according to the method of Sun et al., (1988), and glutathione level was analyzed according to the method of Sedlak and Lindsay, (1968). Total protein content of spleen tissue was determined according to the method of Lowry et al., (1951).

2.5. Statistical Analysis

The data obtained at the end of the study were statistically analyzed using SPSS 26.0 software. Data are presented as mean ± standard error (SEM). Tukey post hoc tests and one-way analysis of variance (ANOVA) were used for multiple comparisons. Statistical significance was determined at $p<0.05$.

3. RESULTS

3.1. Effect of LPS and Quinacrine on Malondialdehyde Levels in Spleen Tissue

When the level of malondialdehyde in the spleen tissue was evaluated, it was determined that the level of malondialdehyde, the end product of lipid peroxidation, increased in the spleen tissue of rats administered LPS ($p<0.05$). It was determined that LPS+Quinacrine10 and LPS+Quinacrine30 treatments reduced this increase in a dose-dependent manner (Figure 1).

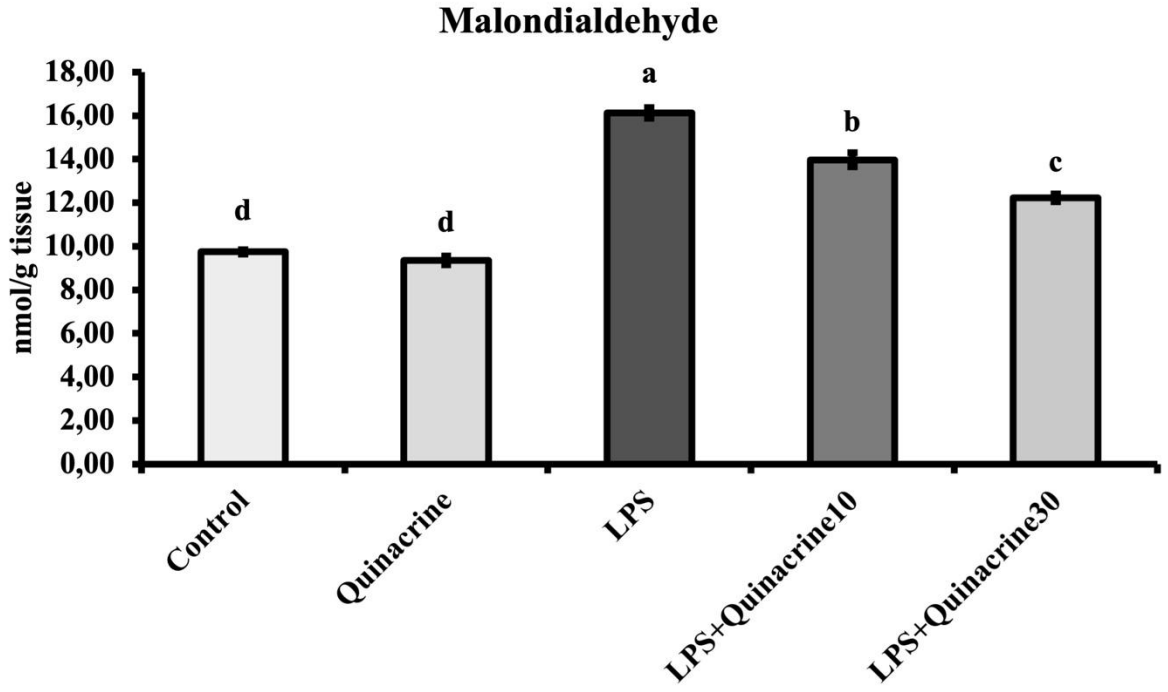


Figure 1: Effect of LPS and Quinacrine administration to rats on malondialdehyde levels in spleen tissue. Values for each group are given as mean ± SEM. [a-d]: Different letters in the columns indicate statistically significant differences ($p<0.05$).

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

3.2. Effect of LPS and Quinacrine on Glutathione Levels in Spleen Tissue

It was found that the level of glutathione, a non-enzymatic antioxidant, decreased in the LPS-treated group ($p<0.05$). Quinacrine10 and Quinacrine30 administration increased this decrease (Figure 2).

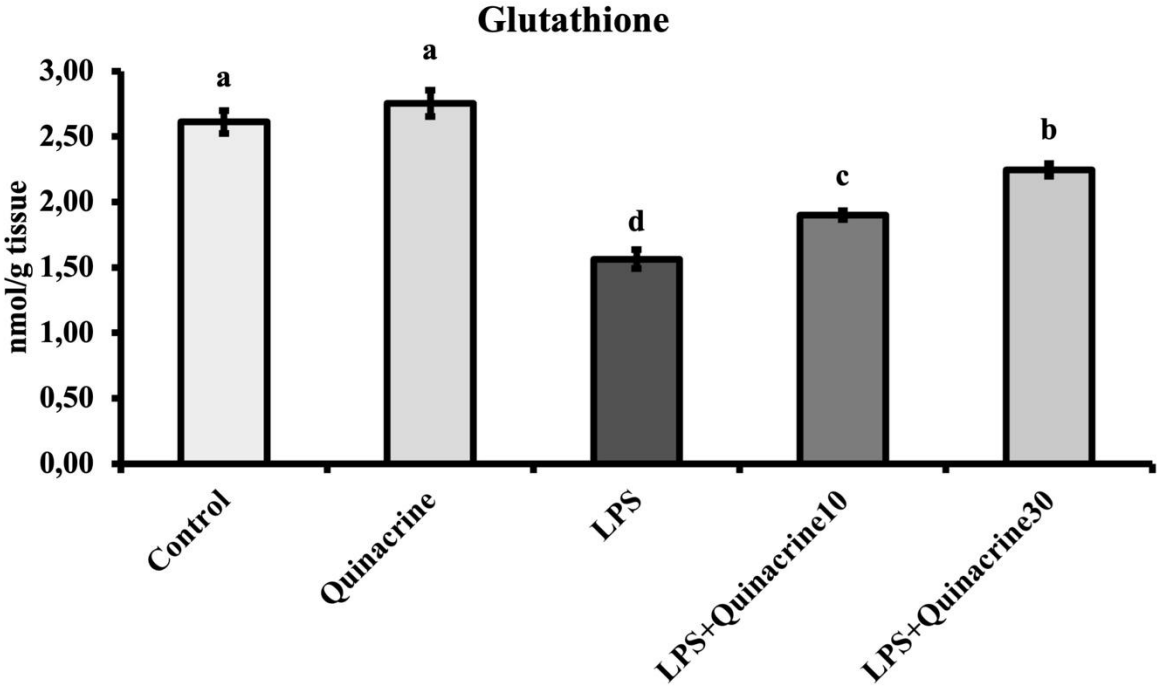


Figure 2: Effect of LPS and Quinacrine administration to rats on glutathione levels in spleen tissue. Values for each group are given as mean ± SEM. [a-d]: Different letters in the columns indicate statistically significant differences ($p<0.05$).

3.3. Effect of LPS and Quinacrine on Superoxide Dismutase Activity in Spleen Tissue

It was determined that LPS administration in spleen tissue significantly reduced the activity of the antioxidant enzyme, including superoxide dismutase, compared to the untreated group ($p<0.05$). Quinacrine doses (10 and 30 mg/kg) used in conjunction with LPS increased the activity of the superoxide dismutase antioxidant enzyme (Figure 3).

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

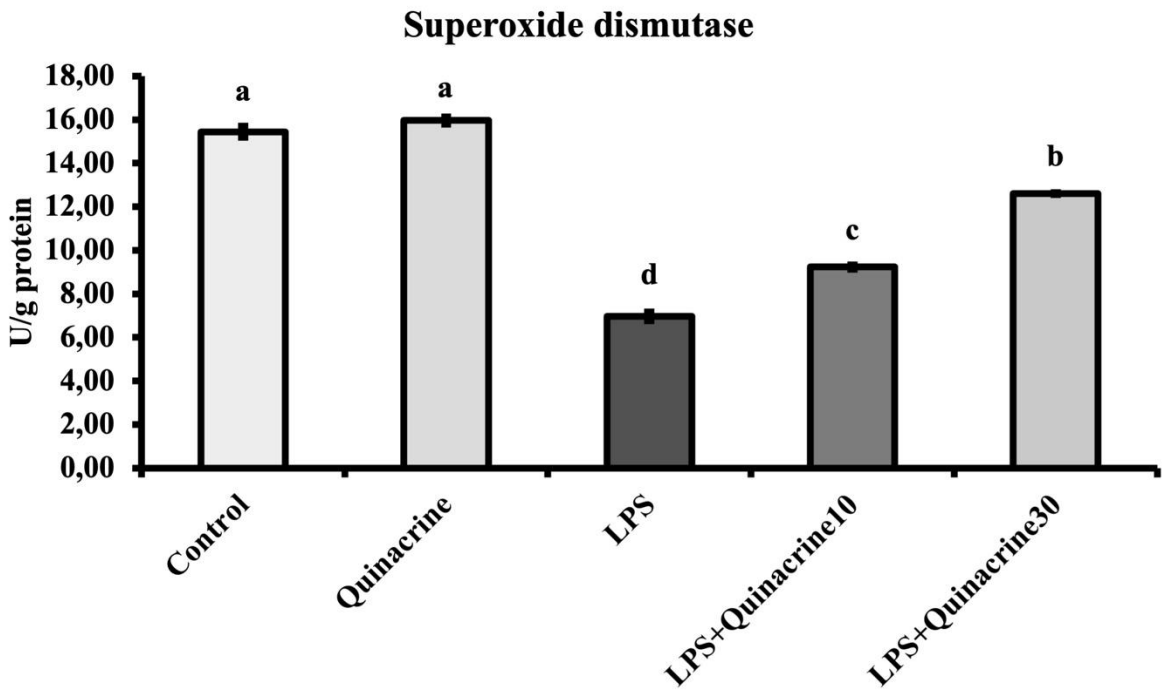


Figure 3: Effect of LPS and Quinacrine administration to rats on superoxide dismutase activity in spleen tissue. Values for each group are given as mean ± SEM. [a-d]: Different letters in the columns indicate statistically significant differences ($p<0.05$).

4. CONCLUSION

When the obtained data were evaluated together, it was determined that LPS increased oxidative stress in the spleen tissue, while Quinacrine had an antioxidant effect and minimized damage by reversing these processes in the cell. The most important result of the study was that malondialdehyde levels increased and glutathione levels and superoxide dismutase activity decreased with LPS administration in rats. This indicates that the oxidative and antioxidative balance may change with LPS application. Interestingly, Quinacrine treatment decreased malondialdehyde levels and increased glutathione levels and superoxide dismutase activity in rats. In conclusion, the effectiveness of Quinacrine in LPS-induced spleen damage was observed and its use as a supportive treatment was thought to be beneficial.

5.REFERENCES

Abo El-Magd, N. F., Ebrahim, H. A., El-Sherbiny, M., & Eisa, N. H. (2021). Quinacrine ameliorates cisplatin-induced renal toxicity via modulation of sirtuin-1 pathway. *International Journal of Molecular Sciences*, *22*(19), 10660.

Ahmadabady, S., Beheshti, F., Shahidpour, F., Khordad, E., & Hosseini, M. (2021). A protective effect of curcumin on cardiovascular oxidative stress indicators in systemic inflammation induced by lipopolysaccharide in rats. *Biochemistry and Biophysics Reports*, *25*, 100908.

Al Asmari, A. K., Al Sadoon, K. T., Obaid, A. A., Yesunayagam, D., & Tariq, M. (2017). Protective effect of quinacrine against glycerol-induced acute kidney injury in rats. *BMC Nephrology*, *18*(1), 41.

Ali, L. S., Mohamed, G., Akeel, M., ElBayoumi, K. S., El-Beltagy, A. E. F. B., & El-Sayed, H. M. (2024). Zingiber officinale ethanolic extract improved organs function in lipopolysaccharides-induced organ toxicity by modulating inflammation and oxidative stress in male rats. *Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences*, *11*(1), 213-231.

Asejeje, F. O., Akinola, K. D., & Abiola, M. A. (2023). Sodium benzoate exacerbates hepatic oxidative stress and inflammation in lipopolysaccharide-induced liver injury in rats. *Immunopharmacology and Immunotoxicology*, *45*(5), 558-564.

Çomaklı, S., Küçükler, S., Değirmençay, Ş., Bolat, İ., & Özdemir, S. (2024). Quinacrine, a PLA2 inhibitor, alleviates LPS-induced acute kidney injury in rats: Involvement of TLR4/NF-κB/TNF α-mediated signaling. *International Immunopharmacology*, *126*, 111264.

Ding, X. F., Wu, Y., Qu, W. R., Fan, M., & Zhao, Y. Q. (2018). Quinacrine pretreatment reduces microwave-induced neuronal damage by stabilizing the cell membrane. *Neural Regeneration Research*, *13*(3), 449-455.

Esmail, M. M., Saeed, N. M., Hanna, D. M., Michel, H. E., El-Naga, R. N., & Azab, S. S. (2024). Hepatoprotective and neuroprotective effects of quinacrine against bile duct ligation-induced hepatic encephalopathy in rats: Role of bone morphogenetic proteins signaling. *Life Sciences*, *359*, 123229.

Francis, M. R., El-Sheakh, A. R., & Suddek, G. M. (2023). Saroglitazar, a dual PPAR-α/γ agonist, alleviates LPS-induced hepatic and renal injury in rats. *International Immunopharmacology*, *115*, 109688.

Fu, X., Xiong, B., Zhao, M., Wan, W., Zhang, S., Wu, X., & Xu, J. (2022). Quinacrine is active in preclinical models of glioblastoma through suppressing angiogenesis, inducing oxidative stress and activating AMPK. *Toxicology in Vitro*, *83*, 105420.

Islam, M., Anvarbatcha, R., Kunnathodi, F., Athar, M. T., & Tariq, M. (2023). Quinacrine enhances the efficacy of cisplatin by increasing apoptosis and modulating cancer survival proteins in a colorectal cancer cell line. *Journal of Cancer Research and Therapeutics*, *19*(7), 1988-1997.

İlhan, İ., Asci, H., Ozmen, O., Buyukbayram, H. İ., Arlıoglu, M., & Kurtbolat, O. (2025). The renoprotective effects of cannabidiol on lipopolysaccharide-induced systemic inflammation model of rats. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*, *398*(2), 1841-1851.

Khan, H. U., Aamir, K., Jusuf, P. R., Sethi, G., Sisinthy, S. P., Ghildyal, R., & Arya, A. (2021). Lauric acid ameliorates lipopolysaccharide (LPS)-induced liver inflammation by mediating TLR4/MyD88 pathway in Sprague Dawley (SD) rats. *Life Sciences*, *265*, 118750.

Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L., & Randall, R. J. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*, *193*(1), 265-275.

Lv, X., He, Y., & Zhang, Y. (2025). Investigating the Protective Role of Solasodine in Lipopolysaccharide-induced Acute Lung Injury in Rats. *Pharmacognosy Magazine*, 09731296241305943.

Park, S., Oh, A. Y., Cho, J. H., Yoon, M. H., Woo, T. G., Kang, S. M., Lee, H. Y., Jung, Y. J., & Park, B. J. (2018). Therapeutic effect of quinacrine, an antiprotozoan drug, by selective suppression of p-CHK1/2 in p53-negative malignant cancers. *Molecular Cancer Research*, *16*(6), 935-946.

Placer, Z. A., Cushman, L. L., & Johnson, B. C. (1966). Estimation of product of lipid peroxidation (malonyl dialdehyde) in biochemical systems. *Analytical Biochemistry*, *16*(2), 359-364.

Sedlak, J., & Lindsay, R. H. (1968). Estimation of total, protein-bound, and nonprotein sulfhydryl groups in tissue with Ellman's reagent. *Analytical Biochemistry*, *25*, 192-205.

Skibska, B., Kochan, E., Stanczak, A., Lipert, A., & Skibska, A. (2023). Antioxidant and anti-inflammatory effects of α-lipoic acid on lipopolysaccharide-induced oxidative stress in rat kidney. *Archivum Immunologiae et Therapiae Experimentalis*, *71*(1), 16.

Sun, Y. I., Oberley, L. W., & Li, Y. (1988). A simple method for clinical assay of superoxide dismutase. *Clinical Chemistry*, *34*(3), 497-500.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

MOLECULAR EVIDENCE AND EVOLUTIONARY OUTCOMES OF POLYANDRY IN INSECTS

Assoc. Prof. Dr. Fikret SARI

Pamukkale University, Tavas Vocational School, fsari@pau.edu.tr - 0000-0002-6141-0690

ABSTRACT

Insects (Arthropoda: Insecta) constitute the most speciose class within the kingdom Animalia and occupy nearly all terrestrial habitats across all biogeographical regions. While a minority of species exhibit strict monogamy, the vast majority display various forms of polygamy—polyandry, polygyny, or polygynandry—reflecting the remarkable diversity of their reproductive strategies. Among these, polyandry, defined as the mating of a female with multiple males, is particularly widespread. However, because behavioural observations alone are often insufficient to detect multiple mating events, molecular analyses have become essential tools for accurately characterising insect mating systems. A review of molecular studies confirms that polyandry occurs widely across insect taxa, including *Ceratitis capitata*, *Chironomus riparius*, *Aethina tumida*, *Lycorma delicatula*, *Apis mellifera*, *Gryllus bimaculatus*, and *Spodoptera littoralis*. These studies collectively reveal substantial interspecific variation in the frequency and intensity of multiple mating. Although polyandry entails several costs for females, such as increased energetic expenditure and heightened risks of injury, predation, and infection, its persistence suggests substantial adaptive benefits. These include direct advantages, such as sperm replenishment for high fertility and male-provided guarding, as well as indirect benefits, including greater genetic diversity among offspring and reduced likelihood of fertilisation by incompatible or low-quality sperm. Overall, understanding the molecular basis and evolutionary drivers of polyandry across insect taxa provides critical insights into reproductive biology and helps elucidate the complex dynamics shaping insect diversity and adaptation.

Keywords: polyandry, multiple mating, insects, costs, benefits.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

1. INTRODUCTION

Insects (Arthropoda: Insecta) represent the most species-rich class within the kingdom Animalia, inhabiting almost every terrestrial habitat across all biogeographical regions. While a minority of insect species are strictly monogamous, the vast majority display various forms of polygamy — including polyandry, polygyny, or polygynandry (Table 1). The reason for such diversity in mating systems lies in evolutionary and ecological pressures that shape reproductive strategies. Among these, polyandry is particularly widespread and intriguing.

Table 1. Overview of Mating Systems in Insects [Adapted from Sarı (2025)]

Mating System		**No of Female Partners**	**No of Male Partners**	**Explanation**
Monogamy		1	1	A mating system in which both sexes (i.e., both males and females) mate with only one partner
Polygamy	Polyandry	1	More than 1	A mating system in which a female individual mates with multiple males
	Polygyny	More than 1	1	A mating system in which a male individual mates with multiple females
	Polygynandry	More than 1	More than 1	A system in which both sexes (i.e., both males and females) mate with multiple partners

Behavioural observations alone are often insufficient to detect all mating events — females may mate multiple times, store sperm, re-mate after long intervals, or cryptically use stored sperm — making it difficult to characterise the true mating system solely via observation. With the advent of molecular tools (e.g. microsatellite markers, paternity analysis), it has become possible to more accurately reveal multiple mating (polyandry) and multiple paternity in insect species. This review synthesises key molecular evidence for polyandry across insect taxa, examines interspecific variation, discusses costs and benefits of polyandry (both direct and indirect), and reflects on evolutionary drivers that maintain polyandry in spite of its costs.

2. MOLECULAR EVIDENCE FOR POLYANDRY IN INSECTS

2.1. Early Meta-Analyses

One of the foundational studies investigating the evolutionary basis of polyandry is the meta-analysis by Arnqvist & Nilsson (2000), which compiled 122 experimental studies comparing monandrous and polyandrous females. Their results demonstrated that multiple mating often yields substantial direct fitness benefits for females, notably increased lifetime reproductive

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

output. Although re-mating can reduce female longevity—especially in species lacking nuptial feeding—the net effect of moderate polyandry generally corresponded to a 30–70% fitness increase. Importantly, the analysis also highlighted an optimal mating rate: beyond this threshold, additional mating became detrimental, suggesting pervasive sexual conflict and the influence of sexually antagonistic coevolution on insect reproductive traits.

2.2. Microsatellite-Based Paternity Analyses

Behavioural studies alone cannot reliably detect all mating events, especially in species with sperm storage or cryptic mating. Microsatellite genotyping and paternity assignment software such as GERUD and COLONY have therefore enabled reliable detection of multiple paternity.

Findings from the non-biting midge *Chironomus riparius* (Diptera: Chironomidae) illustrate this clearly. A recent population study from Denizli, Türkiye, showed that all 19 sampled egg masses displayed multiple paternity, with 760 larvae genotyped at two microsatellite loci (Sari, 2025). The number of fathers per clutch varied between populations, and paternity skew was associated with male-biased sex ratios. The study concluded that *C. riparius* is polygynandrous and that high multiple paternity may enhance genetic variability and population persistence.

Similar patterns have been found in other orders. In the citrus mealybug *Planococcus citri* (Hemiptera: Pseudococcidae), microsatellite analysis of more than 400 eggs from controlled crosses revealed that in at least 13 of 43 two-male crosses, both males contributed to the progeny—offering the first molecular confirmation of polyandry in scale insects (Seabra et al., 2013).

Social insects provide some of the clearest examples of extreme polyandry. Classic work on *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) using phenotypic markers showed that queens consistently use sperm from all drones with which they mate, with no clear evidence for sperm displacement or exclusive sperm precedence (Laidlaw & Page, 1984). Using microsatellite genotyping of workers and prereproductive queens to assign paternity to patrilines, a recent study on social wasps, *Vespula maculifrons* (Hymenoptera: Vespidae), similarly reveal substantial paternity skew across patrilines, with different patrilines contributing disproportionately to caste development (Orr et al., 2024).

Together, these molecular studies affirm that polyandry is both widespread and evolutionarily significant throughout insect taxa.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

3. INTERSPECIFIC VARIATION IN POLYANDRY

While polyandry is widespread, there is substantial variation across species in how often and how intensively female individuals mate with multiple males; even among closely related taxa (Table 2). This variation is shaped by phylogeny, ecology, life-history traits, population structure, and environmental pressures.

Table 2. Summary Information on Polyandry Studies Conducted Using Microsatellite Loci in Some Insect Species

Order	Family	Species	Polyandry Frequency	Reference
Coleoptera	Nitidulidae	*Aethina tumida*	83%	Papach et al. (2023)
Diptera	Drosophilidae	*Drosophila melanogaster*	100%	Imhof et al. (1998)
Diptera	Drosophilidae	*Drosophila buzzatii*	33%	Bundgaard et al. (2004)
Diptera	Drosophilidae	*Drosophila mojavensis*	100%	Good et al. (2006)
Diptera	Chironomidae	*Chironomus riparius*	57–100%	Sari (2025)
Diptera	Tephritidae	*Ceratitis capitata*	7%	Bonizzoni et al. (2002)
Hemiptera	Fulgoridae	*Lycorma delicatula*	13%	Belouard & Behm (2023)
Hymenoptera	Apidae	*Apis mellifera*	7–28%	Ostroverkhova et al. (2016)
Hymenoptera	Apidae	*Apis cerana*	100%	Yuan et al. (2025)
Hymenoptera	Vespidae	*Vespula maculifrons*	100%	Orr et al. (2024)
Orthoptera	Gryllidae	*Gryllus binaculatus*	71%	Bretman & Tregenza (2005)

Among noctuid moths, for instance, polyandry is common across many genera but differs in degree: some species mate multiply only occasionally, while others exhibit highly polyandrous behaviour. Migratory habits, habitat generalism, and ecological niche breadth are often associated with increased polyandry. Genital asymmetry in certain noctuid clades further suggests that sexual selection mediated by polyandry may contribute to speciation (Varga et al., 2025).

Even within a single species, geographic variation can be pronounced. *Apis cerana* (Hymenoptera: Apidae) queens from different populations in Thailand show distinct mating frequencies, with queens from temperate environments mating more often than those from tropical or island regions (DeFelice et al., 2015). This underscores that mating behaviour can vary geographically within a species.

Moreover, the effective number of mates—those whose sperm actually fertilise eggs—may differ from the observed number of copulations due to sperm precedence, sperm competition,

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

or cryptic female choice. In species such as *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae), multiple mating does not always yield immediate benefits but can enhance fecundity and fitness in subsequent generations, demonstrating that the consequences of polyandry may span multiple generations (Di et al., 2023).

Collectively, such findings emphasise that: (1) polyandry is taxonomically widespread, (2) its intensity (number of mates) varies considerably, and (3) patterns of sperm use and paternity are complex and species-specific.

4. COSTS OF POLYANDRY

Despite its prevalence, polyandry is not without substantial costs. Females may expend considerable energy and time during copulation—particularly in species that transfer spermatophores—potentially delaying essential activities such as oviposition or foraging. Increased exposure to predators, along with the risk of physical injury during mating, further elevates the cost of re-mating. In species that do not provide nuptial gifts, repeated mating may shorten female lifespan, a pattern corroborated by Arnqvist & Nilsson's meta-analysis (Arnqvist & Nilsson, 2000). Additional risks include increased exposure to sexually transmitted pathogens and the physiological burden of storing and managing sperm within spermathecal structures. Given these costs, polyandry might be expected to be rare; however, molecular data show it is common. This paradox suggests that its benefits must outweigh its costs for many species, at least under natural conditions.

5. ADAPTIVE BENEFITS OF POLYANDRY

The persistence and prevalence of polyandry across insects suggests that it confers adaptive benefits. Benefits can be broadly categorised as direct (affecting female immediate fitness or reproductive output) and indirect (affecting genetic quality or variability of offspring, long-term survival, or population-level effects).

5.1. Direct Benefits

Females often gain immediate reproductive advantages from multiple mating. Polyandry can prevent sperm limitation, particularly in species producing large egg batches or in social insects like *A. mellifera*, where queens must maintain sufficient sperm stores over several years. In species offering nuptial gifts or resource-rich spermatophores, mating with multiple males can significantly increase a female's nutrient intake. Repeated mating may also act as insurance

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

against fertilisation failure in environments with variable male quality or sperm viability. In colonising or inbreeding-prone populations, polyandry can enhance long-term population viability, as shown in experiments where descendants of polyandrous females exhibited higher survival and reproductive success (Di et al., 2023).

5.2. Indirect Benefits

Indirect genetic benefits further promote the persistence of polyandry. By increasing the genetic diversity among offspring, females enhance their progeny's ability to cope with environmental fluctuations and reduce the risk of inbreeding depression. Cryptic female choice or sperm competition can result in the preferential use of genetically compatible or high-quality sperm, producing more viable offspring. Additionally, in some groups such as noctuid moths, polyandry may drive sexual selection on male genital traits and thereby influence speciation processes.

6. GENETIC, ECOLOGICAL, AND EVOLUTIONARY IMPLICATIONS OF POLYANDRY

The wide occurrence of polyandry has implications that extend from individual fitness to population dynamics and macroevolution. By increasing genetic variability, polyandry promotes resilience in populations facing environmental instability, disease pressure, or colonisation bottlenecks. In eusocial insects, it mitigates genetic load and reduces the risk of producing diploid males, thus reinforcing colony productivity and survival. Moreover, polyandry intensifies sexual selection—shaping sperm traits, genital morphology, and mating behaviours—changes that, over evolutionary time, can drive reproductive divergence and speciation. Through these mechanisms, polyandry influences life-history evolution, reproductive strategies, and even demographic patterns within insect species.

7. CONCLUSION

Molecular evidence accumulated over decades clearly demonstrates that polyandry — females mating with multiple males — is widespread among insects, cutting across orders including Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Lepidoptera, Hymenoptera, and Orthoptera. The intensity and patterns of polyandry vary considerably between species, populations, and ecological contexts.

Despite the costs associated with multiple mating (energy expenditure, predation risk, reduced longevity, disease risk), polyandry persists because it offers significant direct and indirect

adaptive benefits, including increased reproductive success, enhanced genetic diversity, improved offspring viability, and greater population resilience. In social insects, polyandry can lower colony genetic load, enhance disease resistance, and support colony fitness; in solitary or pest species, it may facilitate colonisation and adaptability. From an evolutionary perspective, polyandry can shape sexual selection, influence genital morphology, drive reproductive trait evolution, and even contribute to speciation. However, fully understanding its role requires addressing existing limitations: broader taxonomic coverage, ecologically realistic studies, and integration of modern genomic approaches.

In summary, polyandry in insects is not an anomalous behaviour but a central, evolutionarily stable reproductive strategy — one shaped by complex trade-offs between costs and benefits, and one that has likely played a major role in the evolutionary success and diversification of insects.

REFERENCES

Arnqvist, G., & Nilsson, T. (2000). The evolution of polyandry: multiple mating and female fitness in insects. *Animal Behaviour*, 60(2), 145–164.

Belouard, N., & Behm, J. E. (2023). Multiple paternity in the invasive spotted lanternfly (Hemiptera: Fulgoridae). *Environmental Entomology*, 52(5), 949–955.

Bonizzoni, M., Katsoyannos, B. I., Marguerie, R., Guglielmino, C. R., Gasperi, G., Malacrida, A., & Chapman, T. (2002). Microsatellite analysis reveals remating by wild Mediterranean fruit fly females, *Ceratitis capitata*. *Molecular Ecology*, 11(10), 1915–1921.

Bretman, A., & Tregenza, T. (2005). Measuring polyandry in wild populations: A case study using promiscuous crickets. *Molecular Ecology*, 14(7), 2169–2179.

Bundgaard, J., Barker, J. S., Frydenberg, J., & Clark, A. G. (2004). Remating and sperm displacement in a natural population of *Drosophila buzzatii* inferred from mother-offspring analysis of microsatellite loci. *Journal of Evolutionary Biology*, 17(2), 376–381.

DeFelice, D. S., Ross, C., Simone-Finstrom, M., Warrit, N., Smith, D. R., Burgett, M., Sukumalanand, P., & Rueppell, O. (2015). Geographic variation in polyandry of the Eastern Honey Bee, *Apis cerana*, in Thailand. *Insectes Sociaux*, 62(1), 37–42.

Di, X. Y., Yan, B., Liu, J. F., Wu, C. X., Yu, X. F., Smith, C. L., & Yang, M. F. (2023). Transgenerational effects of multiple mating in *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae). *Ecology and Evolution*, 13(6), e10189.

Good, J. M., Ross, C. L., & Markow, T. A. (2006). Multiple paternity in wild-caught *Drosophila mojavensis*. *Molecular Ecology*, 15(8), 2253–2260.

Imhof, M., Harr, B., Brem, G., & Schlötterer, C. (1998). Multiple mating in wild *Drosophila melanogaster* revisited by microsatellite analysis. *Molecular Ecology*, 7(7), 915–917.

Laidlaw, H. H., & Page, R. E. (1984). Polyandry in honey bees (*Apis mellifera* L.): Sperm utilization and intracolony genetic relationships. *Genetics*, 108(4), 985–997.

Orr, S. E., Hedrick, N. A., Murray, K. A., Pasupuleti, A. K., & Goodisman, M. A. D. (2024). Novel insights into paternity skew in a polyandrous social wasp. *Insect Science*, 31(6), 1876–1888.

Ostroverkhova, N. V., Konusova, O. L., Kucher, A. N., & Kireeva, T. N. (2016). Investigation of polyandry in honey bees (*Apis mellifera*) using microsatellites. *Entomological Review*, 96(4), 389–394.

Papach, A., Beaurepaire, A., Yañez, O., Huwiler, M., Williams, G. R., & Neumann, P. (2023). Multiple mating by both sexes in an invasive insect species, *Aethina tumida* (Coleoptera: Nitidulidae). *Insect Science*, 30(2), 517–529.

Sari, F. (2025). Molecular evidence of polyandry and polygyny in the mating system of the non-biting midge *Chironomus riparius* (Diptera: Chironomidae). *Archives of Biological Sciences*, 77(3), 285–298.

Sarı, F. (2025). Böceklerde çiftleşme sistemlerinin çeşitliliği: Eş seçimi ve evrimsel stratejiler. Sarı, A. (Ed.), *Biyoloji Alanında Uluslararası Araştırmalar-V*, Eğitim Yayınevi, Ankara, pp. 1–10.

Seabra, S. G., Brás, P. G., Zina, V., da Silva, E. B., Rebelo, M. T., Figueiredo, E., Mendel, Z., Paulo, O. S., & Franco, J. C. (2013). Molecular evidence of polyandry in the citrus mealybug, *Planococcus citri* (Hemiptera: Pseudococcidae). *PloS One*, 8(7), e68241.

Varga, Z., Nagy, A., Kovács, C. L., & Szanyi, S. (2025). Polyandry in noctuid moths: Taxonomic, bionomic, and evolutionary implications. *Insects*, 16(10), 1063.

Yuan, C., Tang, J., Ding, G., & Huang, J. (2025). Mating frequencies of eastern honey bee (*Apis cerana*) queens produced in different periods of queen-producing season. *Diversity*, 17(2), 106.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

POTENTIAL USE OF POLYAMINES IN FRUIT CULTIVATION

Research Assist. Merve KARAKOYUN MUTLUAY

Bilecik Seyh Edebali University, Faculty of Agriculture and Natural Science, Department of Horticulture, Bilecik, Türkiye, merve.karakoyun@bilecik.edu.tr, 0000-0001-7438-4738

Prof. Dr. Muzaffer İPEK

Selçuk University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Konya, Türkiye, mipek@selcuk.edu.tr, 0000-0002-5773-7236

ABSTRACT

All living things, including prokaryotes and plants, include polyamines, which are low molecular weight organic polycations that are essential for controlling cellular functions. They play a role in a variety of plant developmental processes, including cell division, DNA replication, embryonic development, pollen tube expansion, blooming, fruit set, and ripening. A complicated network comprising biosynthesis, degradation, transport, and conjugation controls polyamine metabolism; the ADC and ODC pathways, in particular, are essential for the synthesis of putrescine.

Applications of polyamines have been shown to improve fruit set, production, quality, blooming rate, pollen germination, delayed ripening, and storage durability. Additionally, polyamines have been shown to improve plant resistance to stressors such as salt, low temperatures, radiation, and drought; in particular, they have been shown to have beneficial impacts on MDA levels, osmolyte metabolism, antioxidant defense, and chlorophyll levels. Polyamines are crucial regulators of callus induction, cell proliferation, organogenesis, rhizogenesis, and somatic embryogenesis in in vitro culture experiments.

The objective of this paper is to give a thorough overview of polyamines fundamental concepts, synthesis, catabolism, and impacts on fruit plants.

Keywords: Polyamines, Spermine, Spermidine, Putrescine, Metabolism

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

1. INTRODUCTION

Low molecular weight aliphatic nitrogenous molecules with a variety of roles in biological systems, polyamines are present in both prokaryotes and eukaryotes. These substances have direct regulatory effects on cellular processes and are organic polycations with two to four amino groups (Abbasi et al., 2017; Xu et al., 2014; Vuosku et al., 2018). The three main kinds of polyamines are putrescine, spermidine, and spermine. They interact with negatively charged macromolecules like DNA, RNA, proteins, and membrane phospholipids because of their dense cationic architectures, which helps to regulate a variety of physiological processes.

All living things, including prokaryotes, plants, and animals, contain polyamines (PAs). Their functional significance is highlighted by their accumulation in high concentrations, especially in tissues where fast cell division or differentiation takes place (Galston, 1983; Sala-Rabanal et al., 2013; Handa et al., 2018). Cell division, DNA replication, protein synthesis, embryogenesis, root development, blooming initiation, pollen tube formation, and cell viability maintenance are among the basic stages of plant development in which PAs are essential (Tabor and Tabor, 1985).

The primary polyamines in the control of generative and vegetative processes like flower development, organogenesis, fruit set, fruit growth, senescence, and ripening are putrescine, spermidine, and spermine, which are typically found in free form in plants (Xu, 2015; Xu et al., 2014; Mustafavi et al., 2018). Through processes including lowering oxidative stress, preserving membrane integrity, and controlling the antioxidant defense system, they are also crucial parts of the reactions to biotic and abiotic stressors (Vuosku et al., 2012; Reis et al., 2016). In recent years, there has been a growing interest in the possible application of PAs, especially with regard to boosting stress tolerance and enhancing fruit species' production quality.

With a particular focus on the consequences of polyamine usage in fruit growing, this research thoroughly examines the current literature on the effects of polyamines on plant growth and development. The goal of this research is to give a thorough analysis of the ways in which polyamines control fruit species' growth and development, their contributions to production, and their possible uses in fruit cultivation.

2. AGRICULTURE AND POLYAMINES

Aliphatic amines called polyamines (PAs) control plant growth, development, and stress tolerance. Because they actively participate in processes including cell division, differentiation, blooming, fruit formation, and ripening, they are becoming more and more important in plant production. Through processes including lowering oxidative stress, preserving membrane integrity, and bolstering antioxidant defenses, they also boost plant resilience to biotic and abiotic stressors. They are useful bioregulators in agricultural productivity because PA metabolism necessitates exact control of biosynthesis, degradation, transport, and conjugation activities.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

2.1.Biosynthesis of Polyamines in Plants

The first and primary byproduct of polyamine (PA) production in plants, putrescine (Put), is a necessary precursor for the synthesis of spermidine (Spd) and spermine (Spm) (Xu et al., 2009). Three distinct biosynthetic routes, all of which start with arginine (Arg), are used to synthesize putrescine. The arginine decarboxylase (ADC) route is the most common and physiologically dominating of these mechanisms. In this process, the ADC enzyme decarboxylates Arg to produce agmatine (Agm). After that, Agm is transformed into N-carbamoylputrescine (NCPA), which N-carbamoylputrescine amidohydrolase (NCPAH) hydrolyzes to produce Put, CO_2, and NH_3 (Docimo et al., 2012).

In the second pathway, the ornithine decarboxylase (ODC) pathway, Arg is converted to ornithine (Orn) via arginase, and Orn is decarboxylated by ODC to form putrescine. However, this pathway is not an essential biosynthetic mechanism for all plants, as it is absent in Arabidopsis thaliana and some Brassicaceae species (Burrell et al., 2010).

The third pathway, the citrulline decarboxylase (CDC) pathway, involves the decarboxylation of Arg-derived citrulline (Cit) by CDC, leading to the formation of putrescine. This pathway has only been identified in sesame to date, and therefore, the ADC and ODC pathways are considered the primary biosynthetic pathways in plants (Han, 2016; Ouyang et al., 2017; De Oliveira et al., 2018).

Putrescine is converted into higher polyamines by adding aminopropyl groups generated from methionine one after the other. Decarboxylated SAM (dSAM), which is created when SAM decarboxylase (SAMDC) decarboxylates S-adenosylmethionine (SAM), provides the aminopropyl groups in this process. Spermidine synthase (SPDS) and spermine synthase (SPMS) produce Spd and Spm, respectively, using dSAM as an aminopropyl donor (Groppa and Benavides, 2008). This implies that ethylene biosynthesis and polyamine production are biologically connected through SAM.

Certain inhibitors, such as difluoromethylarginine (DFMA) and difluoromethylornithine (DFMO), can permanently inhibit enzymes from the ADC and ODC pathways involved in the regulation of polyamine biosynthesis; these inhibitors provide crucial tools for examining PA metabolism (Grossi et al., 2016; Yamamoto et al., 2016). However, transport, oxidative degradation, and conjugation with phenolic compounds are also important factors in controlling free PA levels in plant tissues, in addition to production (Martin-Tanguy, 2001). Therefore, polyamine metabolism is a complex regulatory network in cellular homeostasis maintenance, stress adaptation, and plant growth.

2.2. Catabolism of Polyamines in Plants

Diamine oxidase (DAO) and polyamine oxidase (PAO) catalyze oxidative processes that are the main mechanism of polyamine catabolism in plants. The oxidative breakdown of putrescine (Put), which yields 4-aminobutanal, NH_3, and H_2O_2, is mostly caused by DAO. The very unstable 4-aminobutanal that is produced spontaneously cyclizes to pyrroline (Pyrr), which is then transformed by pyrroline dehydrogenase into γ-aminobutyric acid (GABA) and added to the Krebs cycle. This catabolic pathway is very prevalent in dicotyledonous plants, and

cofactors such as pyridoxal phosphate and Cu^{+} ions are necessary for DAO action (Smith and Barker, 1988).

Polyamine oxidases (PAOs) are FAD-dependent oxidative enzymes that degrade higher polyamines such as spermidine (Spd), spermine (Spm), and thermospermine (Tspm). PAO catalysis generally produces 1,3-diaminopropane, H_2O_2, and aminoaldehyde derivatives, but unlike DAO, ammonia is not released during the reaction (Lennarz and Lane, 2013). PAO activity is known to be higher in monocot plants.

Some PAO isoenzymes not only mediate oxidative degradation but also catalyze reversible reactions (back-conversion) that convert higher polyamines to lower-chain polyamines. In Arabidopsis thaliana, AtPAO1 and AtPAO4 facilitate the Spm → Spd conversion; AtPAO2 and AtPAO3 have been shown to mediate the Spm → Spd → Put transformation by promoting this reaction. Similarly, in Brachypodium distachyon, BdPAO2 has been reported to convert Spm or Tspm to both Spd and Put, while BdPAO3 primarily mediates the Spm to Spd transformation. Similarly, in Brachypodium distachyon, BdPAO2 has been reported to convert Spm or Tspm to both Spd and Put, while BdPAO3 primarily mediates the Spm to Spd transformation.

These recycling mechanisms are critical for maintaining polyamine homeostasis in plants, regulating cellular redox balance, and enabling metabolic adaptation, particularly under stress conditions. H_2O_2, produced by PAO and DAO activities, functions as a signaling component when at appropriate levels but can be a significant trigger of oxidative stress when accumulated excessively. Therefore, polyamine catabolism is considered an integral component of both biochemical regulation and stress response mechanisms in plant physiology.

3. USE OF POLYAMINES IN FRUIT GROWING

Polyamines control basic biological functions, including transcription, translation, and replication, by interacting with DNA, RNA, and proteins. Cell division, pollen tube expansion, embryogenesis, root development, blooming commencement, and fruit creation are among the developmental stages in which they participate. By preserving membrane integrity, controlling antioxidant defense mechanisms, and balancing reactive oxygen species, they also improve plant resilience to biotic and abiotic stressors. Because polyamines have many impacts, results should be taken cautiously, even if exogenous administration of polyamines or altering their endogenous levels by pharmacological or genetic means might result in various alterations in developmental processes (Alcázar and Tiburcio 2018).

3.1. Polyamines in plant growth and development

Polyamines have been shown to be effective in promoting growth and enhancing development in fruit species (Table 1). Polyamines can significantly impact plant growth and development even at low concentrations, whereas standard growth regulators often require large application rates. Higher biological activity at lower doses is achieved by applying polyamines like putrescine, spermidine, and spermine at millimolar levels, which significantly improve physiological processes like cell division, embryo development, fruit set, and tissue integrity (Tabor and Tabor, 1985; Tiburcio and Alcázar, 2018).

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Low application rates of polyamines are beneficial in lowering metabolic losses and improving the plant's ability to withstand stress and use energy efficiently. In fact, research on a variety of fruit species has demonstrated that polyamine treatments reduce ethylene production, postpone ripening, preserve fruit firmness, and increase shelf life (Martinez-Romero et al., 2000; Valero et al., 1998; Serrano et al., 2003).

This low-dose efficacy provides a more sustainable physiological regulatory technique while lowering the danger of phytotoxicity, a frequent characteristic of chemical growth regulators. Furthermore, by improving plant performance under a variety of stress conditions, polyamines' diverse metabolic effects—such as membrane stabilization, bolstering antioxidant defenses, and preserving ion homeostasis—significantly contribute to the preservation of fruit quality traits (Vuosku et al., 2012; Mustafavi et al., 2018).

Table 1. Some polyamines used in plant growth and development in fruit cultivation

Plant type	Polyamines	Effect	Reference
Apple	Putrescine , Spermidine, Spermine	Increase in fruit set and fruit growth; improvement in yield.	Sayyad-Amin et al., 2018
Date	Putrescine , Spermidine	Increase in yield and quality; reduction in TSS value and decrease in fruit drop.	Tavakoli and Rahemi,2014
Apricot	Putrescine	Enhancement of ovary and ovule development; increase in fruit yield.	Alburquerque et al., 2006
Apple	Spermine, Spermidine, Putrescine	Increase in flowering; promotion of floral induction; enhancement of flowering rate and the expression of flowering-related genes.	Qin et al., 2019
Lemon	Putrescine	Increase in in vitro pollen germination; improvement in fruit set	Karabıyık ,2024

3.2. Role of poliyamines in enhancing abiotic stress tolerance

Polyamines dramatically improve plant tolerance to abiotic stress conditions, according to several research (Table 2) (Cona et al., 2006; Alcázar et al., 2010). Both endogenously and by exogenous application, polyamines have been demonstrated to stabilize plant cell membranes, control ion balance, and prevent the buildup of stress-induced reactive oxygen species (ROS). Research has demonstrated that polyamines preserve membrane integrity by regulating ion homeostasis, activating antioxidant systems, reprogramming plant metabolism under stress, and

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

interacting with hormone signaling to trigger a multilayered defensive response. As a result, PAs are thought to be important regulators in boosting abiotic stress tolerance in a variety of plants, particularly fruit species. Applications of polyamines have been shown in several investigations to lessen the harmful effects of stress (Shoeb et al., 2001; Zhang et al., 2009; Liu et al., 2005).

Tablo 2. Some polyamines in enhancing abiotic stress tolerance in fruit

Plant type	Polyamines	Abiotic Stress	Effect	Reference
Strawberry	Putrescine	Salt stress	Increase in chlorophyll a and b levels, rise in total phenolics, carbohydrates, anthocyanin, and protein content; reduction in MDA level as part of the antioxidant mechanism, and regulation of osmolyte homeostasis.	Muradoğlu et al., 2025
Cherry (*Prunus avium* 'Prime Giant', 'Sweetheart')	Putrescine	Freezing stress (Frost)	Decrease in MDA content; enhancement of freezing tolerance, improvement in fruit set, and a significant reduction in fruit cracking rates throughout the seasons.	Ruiz-Aracil et al., 2023
Apple	Putrescine, Spermidine, Spermine	Radiation	Increase in polyamine levels in tissues exposed to sunburn.	Vita ve ark., 2025
Strawberry	Spermine, Putrescine	Salinity	Reduction of negative effects on shoot growth; increase in shoot number and length, decrease in wilting.	Yavuzlar and Ünal ,2021

3.3. Application of poliamin in vitro

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Plant breeding, genetic transformation, secondary metabolite synthesis, and micropropagation are just a few of the numerous applications for plant tissue culture, a biotechnological method based on the growth of plant cells in appropriate medium under controlled circumstances (George et al., 2008). Polyamines, one of the intracellular metabolites, and plant growth regulators significantly influence important developmental phases during in vitro culture, including cell division, callus formation, organogenesis, and somatic embryogenesis. These compounds have long been recognized to affect embryogenesis, differentiation, DNA/RNA stability, cell proliferation, and stress tolerance (Kakkar et al., 2000; Alcázar et al., 2010).

Numerous investigations have shown that the processes of callus induction, shoot proliferation, somatic embryogenesis, organogenesis, and rhizogenesis are significantly influenced by polyamine levels and exogenously administered polyamines (Table 3). Spermidine and sperm may be more useful for differentiation, embryo development, and shoot morphogenesis, even if putrescine promotes cell division and callus formation in the majority of species (Niemi et al., 2002; Dey et al., 2019). Additionally, large dosages of polyamines have been shown to cause callus darkening, necrosis, or reduced regeneration (Chi et al., 1994; Nakagawa et al., 2006). However, at the right concentration range, polyamines have been shown to have beneficial benefits.

Tablo 3. Some polyamines used in vitro in fruit cultivation

Plant Type	Poliamin	Effect	Reference
Apple	Spermidine, Putrescine, Arginine , Ornithine	Hyperhydricity decreased by 50%; phenolic and antioxidant levels were maintained.	Tabart et al., 2015
Date	Putrescine, Spermidine,	The combination of putrescine + glutamine provided the highest number of embryos for somatic embryogenesis; spermidine produced the highest callus fresh weight in solid medium.	El-Dawayati et al., 2018
Strawberry	Arginine	Yield, primary and secondary fruit weight, and berry number increased; TSS, reducing sugar, titratable acidity, anthocyanin, phenolic compounds, and vitamin C contents also increased.	Pakkish and Mohammedi , 2024

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Pineapple	Putrescine	Increase in microshoot formation, elongation, and the number of leaves per microshoot.	Silva-Moraes et al., 2024

3.4. Storage period and postharvest quality of fruit

As biological molecules that control physiological processes in fruits throughout the postharvest phase and postpone spoiling, polyamines are gaining interest. Through their ability to preserve cell membrane integrity, inhibit reactive oxygen species (ROS), and interfere with ethylene formation, these substances slow down the aging processes in fruit tissues (Valero et al., 1999; Mattoo and Handa, 2008).

Fruits are exposed to a variety of postharvest stressors, including oxidative stress, mechanical damage, and low temperatures. Polyamine levels rise significantly as a result of these pressures (Serrano et al., 1997). The benefits of postharvest polyamine treatments have been documented in several research studies (Koushesh Saba et al., 2012; Mirdehghan et al., 2007; Barman et al., 2011).

Furthermore, polyamines interact with defense hormones, including salicylic acid, jasmonic acid, and abscisic acid, to trigger a variety of immunological responses in fruits (Jiménez-Bremont et al., 2014; Alkan and Fortes, 2015). A dual mechanism of action that delays ripening and reduces deterioration has been described in several investigations (Table 4).

Tablo 4. Some polyamines used storage period and postharvest quality of fruit

Plant type	Polyamines	Effect	Reference
Cornelian cherry	Spermidine,	Delay in fruit softening; reduced starch and sugar conversion; lowest respiration rate, highest AA and TA; improved sensory quality.	Taş, 2024
Indian jujube	Putrescine	Delay in fruit softening; highest antioxidant capacity; improved visual quality.	Shanbehpou ,2020
Kiwi	Putrescine	Retention of vitamin C, phenolic acids, and flavonoids; minimization of quality deterioration during 140 days of storage.	Taş et al., 2022
Banana	Putrescine	Maintained firmness and TA; reduced SSC and weight loss; highest	Archana and Suresh ,2019

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

		antioxidant enzyme activity, extended storage life.	
Strawberry	Putrescine	Higher firmness, vitamin C, anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity; lower weight loss; color preservation; UV-C particularly enhanced anthocyanin retention.	Nejad et al.2013

4.FUTURE PERSPECTİVE AND CONCLUSION

Polyamines have emerged as important biological compounds that help mitigate postharvest quality losses and extend fruit shelf life due to their ability to regulate physiological processes. Their multifunctional roles such as stabilizing cell membranes, reducing oxidative stress, and modulating ethylene biosynthesis make polyamines a more natural and sustainable alternative compared with conventional preservation methods. However, several challenges must be addressed before polyamine applications can be adopted widely.

Future studies should focus on identifying optimal polyamine formulations for different fruit species and maturity stages. Detailed characterization of dosage, application methods, and storage conditions will contribute to enhancing their effectiveness and developing standardized protocols. Moreover, elucidating the long-term physiological effects of polyamines on fruit tissues, their associated metabolic responses, and their regulatory roles in antioxidant systems at the molecular level remains of great importance.

Another crucial aspect is the comprehensive evaluation of polyamine–hormone interactions, their functions under biotic and abiotic stress conditions, and the effects of various treatments on critical quality parameters such as water loss, softening, color changes, and nutrient degradation. The potential of polyamines to strengthen plant defense mechanisms represents a significant advantage that could reduce the need for chemical preservatives in future fruit storage practices.

Despite this promise, challenges remain regarding the cost of polyamine applications, standardization issues arising from application-related variability, and their feasibility at commercial scale. Developing more economical, practical, and environmentally friendly application systems will facilitate the broader industrial use of these compounds.

Nevertheless, the potential of polyamines in fruit production—both in enhancing yield and quality, and in maintaining postharvest fruit attributes—is considerable. Their ability to target key mechanisms of quality deterioration, including softening, oxidative stress, ethylene production, and chilling injury, makes them suitable for use at multiple stages of the fruit supply chain. Furthermore, increasing polyamine biosynthesis through biotechnological approaches may offer an innovative strategy for developing new fruit cultivars with extended shelf life.

In conclusion, polyamines represent a promising approach for preserving quality and extending shelf life. Comprehensive research and technological advancements in this area will contribute significantly to sustainable fruit production by enabling the development of more resilient, nutrient-rich, and long-lasting fruit products.

REFERENCES

Abbasi, N. A., Ali, I., Hafiz, I. A., & Khan, A. S. (2017). Application of polyamines in horticulture: A review. International Journal of Biosciences, 10(5), 319–342.

Alburquerque, N., Egea, J., Burgos, L., Martínez-Romero, D., Valero, D., & Serrano, M. (2006). The influence of polyamines on apricot ovary development and fruit set. Annals of Applied Biology, 149(1), 27–33.

Alcázar, R., & Tiburcio, A. F. (2018). Polyamine metabolism and abiotic stress tolerance in plants. In Metabolic Adaptations in Plants During Abiotic Stress (Vol. 5, pp. 191–203).

Alcázar, R., Altabella, T., Marco, F., Bortolotti, C., Reymond, M., Koncz, C., ... & Tiburcio, A. F. (2010). Polyamines: Molecules with regulatory functions in plant abiotic stress tolerance. Planta, 231(6), 1237–1249.

Alkan, N., & Fortes, A. M. (2015). Insights into molecular and metabolic events associated with fruit response to post-harvest fungal pathogens. Frontiers in Plant Science, 6, 889.

Archana, T. J., & Suresh, G. J. (2019). Putrescine and spermine affect the postharvest storage potential of banana cv. Grand Naine. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 8(1), 3127–3137.

Barman, K., Asrey, R., & Pal, R. K. (2011). Putrescine and carnauba wax pretreatments alleviate chilling injury, enhance shelf life and preserve pomegranate fruit quality during cold storage. Scientia Horticulturae, 130(4), 795–800.

Burrell, M., Hanfrey, C. C., Murray, E. J., Stanley-Wall, N. R., & Michael, A. J. (2010). Evolution and multiplicity of arginine decarboxylases in polyamine biosynthesis and essential role in Bacillus subtilis biofilm formation. Journal of Biological Chemistry, 285(50), 39224–39238.

Cona, A., Rea, G., Angelini, R., Federico, R., & Tavladoraki, P. (2006). Functions of amine oxidases in plant development and defence. Trends in Plant Science, 11, 80–88.

de Oliveira Silva-Moraes, V. K., Corrêa, T. R., Pinheiro, M. V. M., Alves, G. L., Albuquerque, I. C., Felipe, S. H. S., ... & de Oliveira Reis, F. (2024). Enhancing microshoot regeneration in

"Turiaçu" pineapple through nodular cluster induction with putrescine. South African Journal of Botany, 173, 312–319.

De Oliveira, L. F., Navarro, B. V., Cerruti, G., & et al. (2018). Polyamines and amino acid related metabolism: The roles of arginine and ornithine are associated with the embryogenic potential. Plant Cell Physiology, 59, 1084–1098.

Dey, A., Hazra, A. K., Nongdam, P., Nandy, S., Tikendra, L., Mukherjee, A., ... & Pandey, D. K. (2019). Enhanced bacoside content in polyamine-treated in-vitro raised Bacopa monnieri (L.) Wettst. South African Journal of Botany, 123, 259–269.

Docimo, T., Reichelt, M., Schneider, B., et al. (2012). The first step in the biosynthesis of cocaine in Erythroxylum coca: The characterization of arginine and ornithine decarboxylases. Plant Molecular Biology, 78, 599–615.

El-Dawayati, M. M., Ghazzawy, H. S., & Munir, M. (2018). Somatic embryogenesis enhancement of date palm cultivar Sewi using different types of polyamines and glutamine concentration under in-vitro conditions. International Journal of Biosciences, 12(1), 149–159.

Galston, A. W. (1983). Polyamines as modulators of plant development. BioScience, 33(6), 382–388.

George, E. F., Hall, M. A., & De Klerk, G. J. (2008). Plant growth regulators I: Introduction; auxins, their analogues and inhibitors. In Plant Propagation by Tissue Culture: Volume 1 (pp. 175–204). Springer.

Groppa, M. D., & Benavides, M. P. (2008). Polyamines and abiotic stress: Recent advances. Amino Acids, 34, 35–45.

Grossi, M., Phanstiel, O., Rippe, C., et al. (2016). Inhibition of polyamine uptake potentiates anti-proliferative effects and preserves contractile phenotype of vascular smooth muscle cells. Journal of Cellular Physiology, 231, 1334–1342.

Han, L. (2016). Studies on mechanism of low temperature storage and polyamine impact in cut flowers of herbaceous peony postharvest senescence. Shandong Agricultural University.

Handa, A. K., Fatima, T., & Mattoo, A. K. (2018). Polyamines: Biomolecules with diverse functions in plant and human health and disease. Frontiers in Chemistry, 6, 10.

Kakkar, R. K., Nagar, P. K., Ahuja, P. S., & Rai, V. K. (2000). Polyamines and plant morphogenesis. Biologia Plantarum, 43(1), 1–11.

Karabıyık, Ş. (2024). Putrescine affects fruit yield and quality by promoting effective pollination period in Citrus limon. Applied Fruit Science, 66, 559–567.

Koushesh Saba, M., Arzani, K., & Barzegar, M. (2012). Postharvest polyamine application alleviates chilling injury and affects apricot storage ability. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60(36), 8947–8953.

Lennarz, W. J., & Lane, M. D. (2013). Encyclopedia of Biological Chemistry.

Martin-Tanguy, J. (2010). Conjugated polyamines and reproductive development. Physiologia Plantarum, 100, 675–688.

Mattoo, A. K., & Handa, A. K. (2008). Higher polyamines restore and enhance metabolic memory in ripening fruit. Plant Science, 174(4), 386–393.

Mirdehghan, S. H., Rahemi, M., Castillo, S., Martínez-Romero, D., Serrano, M., & Valero, D. (2007). Pre-storage polyamine application improves shelf life of pomegranate. Postharvest Biology and Technology, 44(1), 26–33.

Mustafavi, S. H., Badi, H. N., Sekara, A., et al. (2018). Polyamines and their possible mechanisms involved in plant physiological processes and elicitation of secondary metabolites. Acta Physiologiae Plantarum, 40(102), 102.

Niemi, K., Häggman, H., & Sarjala, T. (2002). Effects of exogenous diamines on ectomycorrhizal fungi interaction and rooting in Scots pine. Tree Physiology, 22(6), 373–381.

Ouyang, J., Song, C., & Chen, D. (2017). Research progress on heat tolerance mechanism and transport of polyamines in plants. Molecular Plant Breeding, 15, 3286–3294.

Pakkish, Z., & Mohammadi, H. (2024). The impact of arginine on fruit quality attributes of strawberry cv. Queen Eliza. Greenhouse Plant Production Journal, 36–48.

Qin, L., Zhang, X., Yan, J., Fan, L., Rong, C., Mo, C., & Zhang, M. (2019). Effect of exogenous spermidine on floral induction and related gene expression in Fuji apple. Scientific Reports, 9, 12777.

Reis, R. S., Vale, E. M., Heringer, A. S., et al. (2016). Putrescine induces somatic embryo development in sugarcane. Journal of Proteomics, 130, 170–179.

Ruiz-Aracil, M. C., Valverde, J. M., Beltrà, A., et al. (2023). Putrescine increases frost tolerance and mitigates cracking in sweet cherry. Agronomy, 14(1), 23.

Sala-Rabanal, M., Li, D. C., Dake, G. R., Kurata, H. T., Inyushin, M., Skatchkov, S. N., & Nichols, C. G. (2013). Polyamine transport by organic cation transporters OCT1–3. Molecular Pharmaceutics, 10(4), 1450–1458.

Sayyad-Amin, P., Davarynejad, G. H., & Abedy, B. (2018). Effects of polyamines and SICS on compatibility and yield of apple cv. Golden Delicious. Advances in Horticultural Science, 32, 213–219.

Serrano, M., Martinez-Romero, D., Guillen, F., & Valero, D. (2003). Effects of exogenous putrescine on plum shelf life. Postharvest Biology and Technology, 30(3), 259–271.

Shoeb, F., Yadav, J. S., Bajaj, S., & Rajam, M. V. (2001). Polyamines as biomarkers for plant regeneration capacity. Plant Science, 160, 1229–1235.

Smith, T. A., & Barker, J. H. (1988). The di- and polyamine oxidases of plants. Progress in Polyamine Research, 250, 573–587.

Tabart, J., Franck, T., Kevers, C., & Dommes, J. (2015). Effect of polyamines and precursors on hyperhydricity in micropropagated apple shoots. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 120(1), 11–18.

Tabor, C. W., & Tabor, H. (1985). Polyamines in microorganisms. Microbiological Reviews, 49(1), 81–99.

Taş, A., Berk, S. K., Kibar, H., & Gündoğdu, M. (2022). Postharvest storage conditions depending on putrescine treatments of kiwifruit. Journal of Food Composition and Analysis, 111, 104605.

Taş, A., Gundogdu, M., Berk, S., Kibar, H., & Uyak, C. (2024). Role of polyamines in post-harvest storage of Cornelian cherry. Scientia Horticulturae, 337, 113587.

Tavakoli, K., & Rahemi, M. (2014). Effect of polyamines, 2,4-D, isopropyl ester and NAA on date fruit yield and quality. International Journal of Horticultural Science and Technology, 1(2), 163–169.

Valero, D., Martínez-Romero, D., Serrano, M., & Riquelme, F. (1998). Postharvest putrescine and calcium effects in lemon. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46(6), 2102–2109.

Vuosku, J., Karppinen, K., Muilu-Mäkelä, R., et al. (2018). Scots pine aminopropyltransferases shed light on evolution of polyamine biosynthesis. Annals of Botany, 121(6), 1243–1256.

Vuosku, J., Suorsa, M., Ruottinen, M., Sutela, S., Muilu-Mäkelä, R., & Julkunen-Tiitto, R. (2012). Polyamine metabolism during growth transition in Scots pine embryogenic cell culture. Tree Physiology, 32, 1274–1287.

Xu, L., Xing, S. T., & Sun, X. (2014). Effects of polyamines on hormone contents and flower bud differentiation in chrysanthemum. Plant Physiology Journal, 50(8), 1195–1202.

Xu, D., Guo, J., & Xu, L. (2014). Relationship between polyamine oxidase activity and lignin deposition in chrysanthemum. Acta Agriculturae Boreali Sinica, 29, 164–169.

Xu, L. (2015). The effect of polyamine on flower bud differentiation and germination of chrysanthemum. Shandong Agricultural University.

Yamamoto, A., Shim, I. S., & Fujihara, S. (2016). Inhibition of putrescine biosynthesis enhances salt sensitivity in rice. Biologia Plantarum, 61, 385–388.

Yavuzlar, E. E., & Ünal, N. (2021). İn vitro koşullarda farklı poliamin uygulamalarının çilekte tuzluluk stresi üzerine etkileri. Meyve Bilimi, 10(1), 173–183.

Zhang, W., Jiang, B., Li, W., Song, H., Yu, Y., & Chen, J. (2009). Polyamines enhance chilling tolerance of cucumber through modulation of antioxidative system. Scientia Horticulturae, 122, 200–208.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

A CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR ENHANCING IOT SECURITY AND EFFICIENCY VIA DEEP LEARNING IN CLOUD AND DISTRIBUTED COMPUTING ENVIRONMENTS

Iman Mustafa[1], Dr. Labaran ISIAKU[2]

[1] Cyprus International University -CIU, Faculty of Applied Sciences
, ORCID ID (0000-0003-2053-0685)

[2] Cyprus International University-CIU, Faculty of Applied Sciences
, ORCID ID (0000-0001-6386-770X)

ABSTRACT

The rapid expansion of Internet of Things (IoT) devices, along with the widespread deployment of 5G networks, is reshaping modern digital systems and resulting in unprecedented levels of scale, complexity, and connectivity. While these developments enable numerous innovative applications, they also introduce considerable challenges in security, data processing, and resource management. Conventional security methods and centralized cloud infrastructures often struggle to handle the massive data volumes, heterogeneous devices, and stringent latency requirements inherent in IoT environments. This paper introduces the development of a novel conceptual framework that combines deep learning (DL), cloud computing, and distributed systems to enhance the security, efficiency, and scalability of IoT networks. Initially, the framework employs a DL model to detect threats in real-time, with RF fingerprinting functioning as an effective verification technique. Furthermore, the proposed framework leverages a distributed cloud computational architecture to mitigate data scarcity, optimizing resource management by balancing local computational efficiency with the capabilities of a centralized cloud. The key components of the architecture are identified, the current state of relevant research is reviewed, and the implementation and evaluation methodologies are presented. This integrated approach ensures that the framework addresses the primary limitations of traditional IoT infrastructures and establishes a foundation for secure, responsive, and reliable IoT applications. This solution demonstrates that advanced machine learning techniques, combined with cloud architecture, can support the next generation of intelligent and large-scale IoT systems, providing robust security and operational efficiency.

Keywords: Internet of Things (IOT), Deep Learning (DL), Cloud Computing, IoT Security, Distributed Computing, Cyber-Physical Systems

1. INTRODUCTION

The Internet of Things (IoT) refers to a rapidly expanding network of interconnected devices that communicate and share data. As these devices become increasingly numerous and interconnected, they pose new security concerns that necessitate better protection methods

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

(Nazir et al., 2024). As IoT applications increasingly use advanced AI techniques such as deep reinforcement learning, the need for large and accurate models grows. However, resource-constrained IoT devices fail to manage such models due to low processing power and excessive latency. Collaborating with edge nodes can shorten response times, but transferring data externally poses privacy concerns. To overcome this issue, the paper suggests developing a trustworthy cooperation framework for AI-enabled IoT devices. Built on trusted execution environment technology, the framework provides computation and transmission security by processing sensitive data in isolated settings and employing secure transmission techniques. Experiments show that the framework promotes efficient, flexible, and low-overhead collaboration, making it appropriate for future edge-intelligent IoT systems (Zhang et al., 2021). The extensive quantity of interconnected devices, anticipated to reach tens of billions, burdens network capacity and generates a substantial attack surface for adversarial entities (Goyal et al., 2018). However, it covers important AI frameworks, cloud platforms, data privacy, security issues, model training, cost factors, and successful case studies. The paper concludes with an analysis of key findings, limitations, and suggestions for future research in cloud-based AI systems (Mungoli, 2023). Furthermore, the implementation of strong on-device security and data processing is limited by the resource-constrained nature of many IoT devices, especially with regard to battery life and computational capacity (Yang et al., 2017). Smartphone connectivity for calls and vehicle diagnostics is made possible by modern cars equipped with wireless technologies like Bluetooth, which function as mobile IoT devices. However, Bluetooth security flaws like fixed PINs and always-discoverable modes can make it possible for hackers to pair with these devices. Compromised devices could possibly put passengers in risk by injecting malicious messages if they are connected to the in-car network. To safeguard the in-car network and guarantee safety, robust security measures for IoT devices are crucial (Oka et al., 2014).

2. Literature Review and Background

The rapid growth in the Internet of Things has significantly increased device connectivity, yet simultaneously created new security hazards. In light of these challenges, the security framework proposed in this work integrates federated learning with blockchain technology. Federated learning decentralizes the training of machine-learning models across IoT devices, enhancing data privacy, while blockchain adds a layer of transparency and tamper resistance. Results are evaluated on the N-BaIoT dataset using two models: logistic regression and dense neural networks. Two new performance metrics have been introduced called Security Efficacy Metric and Comparative Improvement Factor. Extensive experimental results demonstrate high performance: a logistic regression model obtained an accuracy of 99.98%, and a dense neural network (DNN) model reached an accuracy of 99.99%, each with different data and model sizes. Finally, the study portrays that the integration of federated learning, blockchain, and ML models can significantly enhance IoT security (Nazir et al., 2024).

The article discusses the challenges faced by resource-constrained IoT devices as they adopt advanced AI techniques, particularly deep reinforcement learning, which require large models and result in slow processing. To address data privacy concerns while improving response times, the authors propose a cooperation framework based on trusted execution environment technology. This framework ensures data security by processing sensitive information in

isolated settings and using secure transmission methods, ultimately promoting efficient collaboration for future edge-smart IoT systems (Zhang et al., 2021).

Cyber security remains critical, as security breaches are on the rise, partially due to increased zero-day attacks associated with IoT protocols. Traditional machine learning cannot detect tiny variations of these attacks. Deep learning allows for improved detection of such attacks because of its enhanced pattern recognition capability. This research has considered the adoption of DL in detecting social IoT attacks; it observes that the effectiveness of a distributed deep learning model outweighs the effectiveness of traditional methods (Diro & Chilamkurti, 2018).

The paper provides a comprehensive review of contemporary IoT research, encompassing its architecture, technology, and applications. It also examines the challenges and issues surrounding these technologies. The survey's main goal is to organize and synthesize the most recent IoT advancements and trends, offering useful insights for future research (Goyal et al., 2018).

The study looks into the integration of artificial intelligence (AI) and cloud computing to fulfill the growing computational demands of AI applications. It discusses significant AI frameworks, cloud platforms, and cloud data management concerns like privacy and security. The paper also looks at efficient model training and optimization strategies for cloud resources, deployment formats, cost considerations, and case studies of successful implementations. It finishes by reviewing key findings, limits, and future research directions in cloud-based AI systems (Mungoli, 2023).

The study provides a trusted collaboration architecture for AI-enabled IoT systems that safeguards computation and data transmission using isolated environments and secure communication mechanisms. It offers effective, adaptable, and low-overhead cooperation to support intelligent edge computing, according to experimental results (Zhang et al., 2021).

The researchers looked at the privacy and security issues with IoT devices and developed solutions. In particular, they classified various types of attacks that target IoT systems, investigated authentication and access control mechanisms and architectures, analyzed security issues across the various layers of IoT architecture, and conducted studies to identify the primary limitations of IoT devices and suggest ways to overcome them. Their objective was to identify ways to get rid of or at least lessen the threats to users' security and privacy capacity (Yang et al., 2017).

The study suggests a machine learning-based IoT security framework that uses SDN and NFV to identify and reduce threats like DoS and incursions. It integrates ML models for anomaly detection and network pattern analysis with monitoring and AI reaction agents. Experiments reveal a cost-effective and dependable solution for IoT security, with an accuracy of 99.71% for anomaly detection (Bagaa et al., 2020).

According to the text, contemporary cars use Bluetooth to function as mobile IoT devices, allowing smartphone connectivity for calls and car diagnostics. However, Bluetooth security flaws like fixed PINs and always-discoverable modes might provide hackers access to these gadgets. Attackers could put passengers in risk by sending harmful communications via the in-car network once it has been exploited. Therefore, to safeguard the network and guarantee safety, robust security measures for car IoT devices are crucial (Oka et al., 2014).

By simulating a network in which processing nodes interact via both node-to-node links and connections to a passive cloud storage node, the study investigates how pervasive cloud storage

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

affects distributed computing. The architecture demonstrates how distributed calculations can be greatly accelerated by combining cloud linkages with direct network links. The authors create effective techniques for cooperatively reading from and writing to the cloud, and they show how these techniques facilitate distributed tasks like federated learning and matrix multiplication. Their findings demonstrate that performance is enhanced by a mixed approach to cloud and dispersed network communication as opposed to depending only on either cloud-based communication or direct node-to-node communication (Afek et al., 2024).
Deploying deep neural networks on resource-constrained edge and embedded devices has become more necessary due to their increasing success. The goal of lightweight deep learning is to reduce DNN models to smaller, more effective versions that can operate on these kinds of devices without sacrificing performance. Network pruning, quantization, knowledge distillation, and neural architecture search are some of the current compression techniques. An updated summary of current developments and difficulties in DNN model compression is given in this study (Wang et al., 2022).

As the essential connection between the application layer and all operational activities, the communication layer is the foundation of Internet of Things systems. An proper wired or wireless communication protocol is crucial because IoT devices produce massive volumes of data that need to be shared among nodes. These networks are essential for facilitating connections between IoT devices and the wider internet (Mohamed, 2019).
According to the article, the creation of smart cities is mostly dependent on sophisticated computer models that facilitate intelligent decision-making, real-time processing, and effective resource utilization. While edge computing enables local, low-latency data handling to lessen congestion, cloud computing offers powerful centralized processing and storage. By examining architectures, technologies, applications, resource allocation, real-time analytics, and security concerns, the survey examines how these two paradigms interact in smart cities. Along with outlining future research objectives for developing more intelligent and sustainable urban environments, it also addresses the benefits and drawbacks of merging edge and cloud computing (Trigka & Dritsas, 2025).
The Internet of Things (IoT) uses networks to link physical systems so they may communicate with each other and their surroundings. It is widely used in homes, agriculture, and other industrial sectors and aids in the creation of sophisticated industrial systems. The cited study outlines the primary obstacles to IoT adoption while reviewing current IoT research trends, important technology, and significant applications, particularly in industry (Kotha & Gupta, 2018).

IoT technology is becoming central to modern industrial digitalization, but linking high-risk network activities to physical entities raises major security challenges. Traditional manual monitoring is no longer sufficient, creating a need for intelligent, automated defense systems. This work explores how deep learning can enhance IoT security by improving attack detection, response mechanisms, and encrypted edge communication. It also reviews security issues across key IoT domains—Industrial IoT, vehicles, smart grids, smart homes, and healthcare—and identifies future improvement areas such as edge NPU-based shared computing, realistic

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

environment simulation, and advanced techniques like malicious code detection, intrusion detection, vulnerability analysis, fault diagnosis, and blockchain integration (Li et al., 2021).

The Internet of Things (IoT) is a vast network that uses data transmission, processing, and sensing to link different items and intelligent devices. Numerous industries, including household, healthcare, telecommunications, industry, the environment, and energy, use IoT. IoT uses embedded devices that communicate personal data and merge real and virtual surroundings, which makes security and lightweight encryption crucial in contrast to traditional computer systems. In order to direct the development of efficient authentication methods for safe IoT services, this article focuses on identifying security problems and important topics (Azrour et al., 2021).

The study provides a cybersecurity architecture for Edge Computing and IoT that combines NIST standards with SecDevOps techniques. It is organized around governance and consists of four basic components: identity, protect, detect, and respond & recover, each of which defines essential activities for controlling vulnerabilities while protecting privacy and integrity. The framework was theoretically validated by 35 professionals from industry, government, and academia, who confirmed its relevance and usefulness. They stated that its modular structure and conformance with known standards can increase security, compliance, and resilience in IoT and Edge contexts (Reyes-Acosta et al., 2025).

At the start of the 21st century, Internet usage grew rapidly, linking online systems to services like social media and e-commerce. Consequently, these systems started generating vast amounts of data that needed robust protection against unauthorized access. To address this need, the study proposes an enhanced version of the Differential Evolution Algorithm (DE) that integrates intelligent modification operators with the aim of improving optimization performance. This novel approach enhances the flexibility of solutions and reinforces the security of information systems. It aids in detecting and blocking malicious requests or responses, thereby contributing to the protection of the system against cyberattacks. When applied to an e-commerce platform, the method is assessed using key security metrics: confidentiality, integrity, verifiability, and availability (Singh et al., 2022).

Our research is grounded in a synthesis of recent advancements in IoT, security, and computational models.

IoT Security Challenges: IoT security is crucial because of the sharing of personal information, the integration of digital and physical environments, the requirement for secure identification across many industries and apps, and the restricted device resources that necessitate lightweight encryption (Azrour et al., 2021).

Deep Learning for IoT Security: In order to make IoT defense systems intelligent and automated, deep learning for IoT security refers to the use of cutting-edge neural-network techniques. This allows the systems to detect and respond to cyberattacks, secure edge data transmission, and improve protection across domains like industrial systems, automobiles, smart grids, smart homes, and healthcare (Li et al., 2021).

Cloud and Distributed Computing: A centralized computing paradigm that offers substantial processing power and massive data storage is known as cloud computing. By providing scalable resources and facilitating the central processing of data from several urban applications, it enables smart city systems (Trigka & Dritsas, 2025). However, the study demonstrates how calculations can be greatly accelerated by combining dispersed node-to-node communication

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

with cloud storage. The technology enhances performance in distributed activities like data merging, matrix multiplication, and federated learning by combining direct network links with quick cloud read/write operations (Afek et al., 2024).

IoT Applications: IoT applications enable the creation of potent industrial systems by linking physical systems across a network so they may communicate with one another and their surroundings. These applications allow automation, monitoring, and intelligent control in homes, agriculture, and other industrial areas (Kotha & Gupta, 2018).

3. Proposed Conceptual Framework

Our proposed framework is a multi-layered architecture designed to enhance security and operational efficiency, as illustrated in Figure 1.

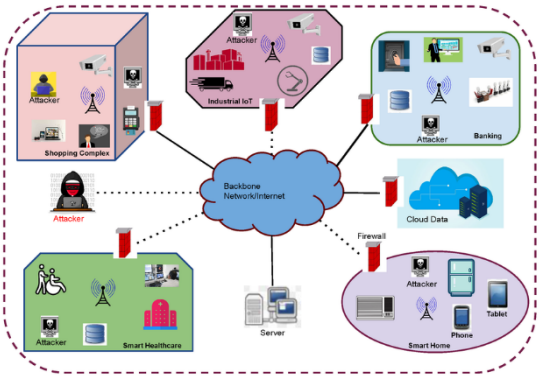


Figure 1: Proposed Integrated IoT Framework, (Singh et al., 2022).

The image illustrates a security overview of linked smart applications that are connected by a central backbone network or Internet, such as smart homes, smart healthcare, industrial IoT, banking, cloud data, and shopping centers. With firewalls positioned at the network edges to help shield each environment from cyber intrusions, each domain depicts a variety of IoT devices (cameras, sensors, tablets, servers) and numerous attackers trying to breach or exploit vulnerabilities.

3.1. IoT Device Layer

This layer comprises the physical IoT devices (sensors, actuators, smart appliances, etc.). Each device is characterized by its unique RF signature.

3.2. Fog/Edge Computing Layer

This distributed layer consists of localized nodes (e.g., gateways, micro-data centers) situated close to the IoT devices. Its key functions are:

Real-time Pre-processing: Filtering and aggregating data from the Device Layer.

Lightweight DL Inference: The term "lightweight deep learning" refers to the processes of condensing DNN models into smaller ones that are appropriate for execution on edge devices because of their constrained computational and resource capacities while retaining equivalent performance to the original (Wang et al., 2022).

Immediate Anomaly Detection: Quickly recognizing and reacting to operational irregularities or local security risks.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

3.3. Cloud Computing Layer

The central cloud platform serves as the brain of the operation, with responsibilities including:
Centralized Data Storage: Preserving past information from every fog node.
Model Training and Retraining: Using the cloud's enormous computational power to train and optimize sophisticated DL models (DNN, CNN, and RNN) on the combined dataset.
Global Analytics and Management: delivering better DL models down to the fog layer, updating policies, and offering a comprehensive view of the entire IoT network.

4. Methodology and Discussion

The implementation of this framework involves a cyclical process:
1. **RF Fingerprinting and Data Collection:** To create a dataset of RF signatures, signals from IoT devices are gathered at the fog layer.
2. **Model Training:** Signatures are delivered to the cloud, where DL models are trained to accurately classify and authenticate devices.
3. **Model Deployment:** The Fog nodes receive the optimized models for on-the-edge, real-time authentication.
4. **Continuous Learning**: An adaptive security system is created by feeding data about new threats or device behaviors back to the cloud for model retraining.

This framework directly addresses key challenges:
***Security:** RF fingerprinting via DL provides a robust, hardware-level authentication mechanism that is difficult to spoof.
***Latency & Bandwidth:** By processing critical security functions at the edge, the framework minimizes response time and reduces the volume of data sent to the cloud.
***Scalability:** The distributed nature of the Fog layer allows the network to scale horizontally by adding more nodes to manage new devices.
***Battery Life:** Offloading intensive processing to Fog and Cloud nodes conserves the energy of resource-constrained IoT devices.

5. Conclusion and Future Work

The convergence of IoT, Building the next generation of intelligent, safe, and effective cyber-physical systems requires deep learning and distributed cloud systems. In order to develop a synergistic solution for ubiquitous IoT problems, this study has offered a conceptual framework that makes use of each technology's advantages. We can create more robust and reliable IoT ecosystems in smart cities, healthcare, and industrial automation by deploying deep learning-driven security at the edge and utilizing the cloud for heavy-duty analytics. Future research will concentrate on testing and putting this paradigm into practice, especially on maximizing the trade-offs between computational overhead and model accuracy on fog nodes. Additionally, a

major area of research will be examining how this security model might be integrated with other elements, such as energy-efficient communication protocols.

References

1. Nazir, A., He, J., Zhu, N., Anwar, M. S., & Pathan, M. S. (2024). Enhancing IoT security: a collaborative framework integrating federated learning, dense neural networks, and blockchain. *Cluster Computing*, *27*(6), 8367-8392.
2. Zhang, Q., Zhong, H., Shi, W., & Liu, L. (2021). A trusted and collaborative framework for deep learning in IoT. *Computer Networks*, *193*, 108055.
3. Diro, A. A., & Chilamkurti, N. (2018). Distributed attack detection scheme using deep learning approach for Internet of Things. *Future Generation Computer Systems*, *82*, 761-768.
4. Goyal, K. K., Garg, A., Rastogi, A., & Singhal, S. (2018). A literature survey on Internet of Things (IoT). *International Journal of Advanced Networking and Applications*, *9*(6), 3663-3668.
5. Mungoli, N. (2023). Scalable, distributed AI frameworks: leveraging cloud computing for enhanced deep learning performance and efficiency. *arXiv preprint arXiv:2304.13738*.
6. Yang, Y., Wu, L., Yin, G., Li, L., & Zhao, H. (2017). A survey on security and privacy issues in Internet-of-Things. **IEEE Internet of things Journal**, *4*(5), 1250-1258.
7. Bagaa, M., Taleb, T., Bernabe, J. B., & Skarmeta, A. (2020). A machine learning security framework for iot systems. *IEEE access*, *8*, 114066-114077.
8. Oka, D. K., Furue, T., Langenhop, L., & Nishimura, T. (2014, November). Survey of vehicle IoT bluetooth devices. In *2014 IEEE 7th international conference on service-oriented computing and applications* (pp. 260-264). IEEE.
9. Afek, Y., Giladi, G., & Patt-Shamir, B. (2024). Distributed computing with the cloud. *Distributed Computing*, *37*(1), 1-18.
10. Wang, C. H., Huang, K. Y., Yao, Y., Chen, J. C., Shuai, H. H., & Cheng, W. H. (2022). Lightweight deep learning: An overview. *IEEE consumer electronics magazine*, *13*(4), 51-64.
11. Mohamed, K. S. (2019). IoT networking and communication layer. In *The Era of Internet of Things: Towards a Smart World* (pp. 49-70). Cham: Springer International Publishing.
12. Trigka, M., & Dritsas, E. (2025). Edge and cloud computing in smart cities. *Future Internet*, *17*(3), 118.
13. Kotha, H. D., & Gupta, V. M. (2018). IoT application: a survey. *Int. J. Eng. Technol*, *7*(2.7), 891-896.
14. Li, Y., Zuo, Y., Song, H., & Lv, Z. (2021). Deep learning in security of internet of things. *IEEE Internet of Things Journal*, *9*(22), 22133-22146.
15. Azrour, M., Mabrouki, J., Guezzaz, A., & Kanwal, A. (2021). Internet of things security: challenges and key issues. *Security and Communication Networks*, *2021*(1), 5533843.
16. Reyes-Acosta, R. E., Mendoza-González, R., Oswaldo Diaz, E., Vargas Martin, M., Luna Rosas, F. J., Martínez Romo, J. C., & Mendoza-González, A. (2025). Cybersecurity Conceptual Framework Applied to Edge Computing and Internet of Things Environments. *Electronics*, *14*(11), 2109.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

17. Singh, S. P., Alotaibi, Y., Kumar, G., & Rawat, S. S. (2022). Intelligent adaptive optimisation method for enhancement of information security in IoT-enabled environments. *Sustainability*, *14*(20), 13635.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

DEVELOPMENT OF A DYNAMIC PRICING SYSTEM WITH MULTI-CHANNEL INTEGRATION FOR THE ELECTRONIC SECURITY SECTOR

İsrafil Çetin

Biges Safe Life Technologies Electronics Inc., Dept. of. Research and Development,

israfil.cetin@hybrone.com – ORCID ID: 0009-0009-9142-1268

Ayşenur Çelik

Biges Safe Life Technologies Electronics Inc., Dept. of. Research and Development,

aysenur.celik@hybrone.com - ORCID ID: 0009-0008-8701-7089

Said Bahadır Kaya

Biges Safe Life Technologies Electronics Inc., Dept. of. Research and Development,

bahadir.kaya@hybrone.com - ORCID ID: 0009-0009-9648-1948

Ceren Ulus

EFA Innovation Consulting and Technology, Dept. of Research and Development,

f.cerenulus@gmail.com - ORCID ID: 0000-0003-2086-6381

M. Fatih Akay

Çukurova University, Dept. of Computer Engineering,

mfakay@cu.edu.tr - ORCID ID: 0000-0003-0780-0679

ABSTRACT

In today's world of intense technological and economic development, trade volume is constantly increasing due to the emergence of various forms of trade. Furthermore, current economic conditions are constantly being reevaluated, and new sales prices are updated and introduced to the market. Traditional fixed pricing methods set prices by focusing on simpler parameters. On the other hand, complex business models integrated with Enterprise Resource Planning (ERP) systems struggle to maintain efficiency with static pricing methods in the face of increasing customer and product diversity. However, today, dynamic factors such as sudden demand increases, stock availability, seasonality, customer segments, or competitor pricing changes are gaining prominence. In this context, dynamic pricing systems can dynamically adjust product or service prices by analyzing various parameters. In this way, businesses can respond quickly to market changes, shorten adaptation times and achieve sustainable competitive power. This study aims to develop a dynamic, rule-based pricing system capable of managing high-volume rules and multi-channel integration. A user-friendly rule-defining interface, a dynamic product and customer pooling mechanism, high-performance price calculation algorithms with

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

multithreading support, and a simulation screen have been developed. The TROIA development language has been used on the Canias ERP 802 platform. The system has been tested on up to 24 million rows of data, ensuring consistency. The developed system provided that the real-time pricing on both internal ERP sales screens and external web/mobile channels.

Keywords: Pricing Methods, Dynamic Pricing, TROIA

1. INTRODUCTION

In today's rapidly evolving world of technology and economics, different forms of trade have taken their place in the market, and these forms are becoming increasingly widespread. This is leading to a continuous increase in trade volume both nationally and internationally. Increasing trade volumes are driving dynamic changes in the economic landscape, forcing companies to constantly reassess their current economic conditions. Rapidly introducing new and changing prices to the market requires both maintaining a competitive advantage and effectively meeting consumer demand. In this context, pricing strategies are of paramount importance.

Traditional pricing methods typically utilize limited parameters such as cost, production costs, and specific market averages. These methods typically fix prices according to predetermined formulas or standard margins. Consequently, prices cannot respond quickly to sudden changes in market conditions. Furthermore, due to the increasing number of customers and product diversity, traditional pricing methods are inadequate for complex business models integrated with ERP systems. However, today, dynamic factors such as sudden demand increases, stock availability, seasonality, customer segments, or competitor pricing changes are becoming increasingly prominent. In this context, dynamic pricing systems are gaining importance as pricing strategies that continuously analyze various internal and external parameters and adjust product or service prices in real time. These systems utilize multidimensional factors such as fluctuations in customer demand, stock availability, competitor prices in the current market, and seasonality to optimize prices. This feature helps maximize revenue and minimize risks within the product portfolio. Furthermore, the dynamic pricing approach integrates with ERP systems, enabling the automatic and rapid implementation of price updates in the market. This allows businesses to gain competitive advantage and operational flexibility, respond quickly to market changes, shorten adaptation times and achieve sustainable competitiveness.

This study aims to develop a dynamic solution that defines discount rates and payment method changes across one or more customer pools and one or more product pools, and calculates prices in real time based on these rules. To this end, a multithreaded price engine system has been developed that can quickly calculate millions of price combinations. Additionally, a simulator has been designed and developed to pre-test potential rule conflicts.

This study is organized as follows: Section 2 includes relevant literature. The details of the system are presented in Section 3. Section 4 presents the results and discussion part of the study. And Section 5 concludes the paper.

2. LITERATURE REVIEW

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

(Debabrata Sahoo et al., 2025) presented an approach to optimizing product pricing. The market dynamics of past sales trends have been analyzed. In this context, competitive pricing strategies aligned with customer preferences have been developed. A bargaining robot has been also developed to interact with customers during negotiations. This robot enhanced the purchasing experience by providing personalized pricing recommendations based on customer input.

(Marso Mussi et al., 2022) proposed an online learning-based dynamic pricing algorithm that can operate in non-stationary environments. A clustering approach has been developed for long-tail products, combining similar products and merging data from all products belonging to the same cluster. This approach allowed the algorithm to determine the optimal prices for each cluster based on collective data. The algorithm has been first evaluated in an offline synthetic environment. In this evaluation, its performance has been compared with the current state-of-the-art methods. As a result, it has been observed that it has been more robust and data-efficient in long-tail environments. Subsequently, a two-month online A/B test has been conducted on more than 8,000 products, including popular and long-tail products. The results of these tests showed that the proposed algorithm increased revenue by approximately 18% for popular products and approximately 90% for long-tail products.

(Shyam Shukla et al., 2023) proposed an optimization method that incorporates fuzzy logic for dynamic pricing on e-commerce platforms. The proposed method utilizes the impact of customer behavior and preferences on pricing decisions by incorporating demand-side management. The optimization process has been carried out in two steps. First, a fuzzy demand model has been developed that estimates consumer demand using various parameters such as pricing, product attributes, and customer characteristics. In the second step, a pricing plan has been determined using customer satisfaction and demand changes. The proposed method provided personalized pricing based on consumer preferences. This resulted in both increased revenue and enhanced customer satisfaction.

(Gurjapna Anand et al., 2023) aimed to control the price of a commodity across sales platforms such as retail, wholesale, the company's website, and e-commerce, and proposed a Dynamic Price Management System for this purpose. Various pricing management system models have been examined within the scope of the study. With the model proposed in the experimental results, the problem of controlling the price components of a homogeneous commodity across different sales platforms such as retail, wholesale and e-commerce has become simpler for suppliers and a fully connected and intelligent management system has been provided.

(Sakshi Ashok et al., 2025) aimed to improve e-commerce systems using customer behavior analysis, dynamic pricing, and personalized recommendations, and proposed a system for this purpose. The study used synthetic and real-time customer data to identify purchasing patterns and effectively segment customers. The system employed clustering techniques, real-time data streams, and decision-making models. The proposed system dynamically adjusted pricing as the final output and recommended products based on individual customer preferences and

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

behaviors. The results demonstrated improved operational efficiency, better customer engagement, and increased profitability.

(Anurag Agnihotri and Ben Bebek Raj, 2024) proposed a new Deep Reinforcement Learning (DRL) approach for dynamic pricing optimization in e-commerce, aiming to maximize revenue and profitability. The Online Retail II dataset used in the study included product categories and customer segments. Using this dataset, a DRL approach has been developed that adapts prices based on temporal data dynamics, market conditions, competitor actions, and customer preferences. The proposed approach incorporated key features such as state space, product demand, inventory levels, competitor prices, and time-dependent variables. This approach employed a representative DRL architecture and trained it to learn optimal pricing strategies that balance ethical considerations such as long-term revenue and price fairness. Experimental results demonstrate the proposed approach's superior performance in increasing revenue and profitability. The data-driven and automated approach has been observed to enable e-commerce businesses to respond flexibly to market changes, improving competitiveness and customer satisfaction.

(Dimitrios Kelesakis et al., 2021) aimed to calculate a personalized price for each product sold online. A new dynamic pricing model has been proposed using an extended version of the RFM model for this purpose. The study also presented an open-source simulation framework capable of testing and validating different dynamic pricing policies. Experimental results indicate that the proposed model yielded a 54.33% increase in net profit compared to nine other retailers using a fixed pricing policy, and a 16.13% increase compared to a derivative-tracking pricing strategy.

(Mina Nouri-Harzvili and Seyyed-Mahdi Hosseini-Motlagh, 2023) proposed a dynamic model that allows determining optimal discount rates in online retail systems based on inventory status and customer reference prices. The proposed model takes into account the time it takes for the effects of remaining discount traces to dissipate after the discount period and determines the optimal time to stop discounts to keep inventory under control. The last-minute discount rate has been observed to be an effective factor in controlling the rate of decline in reference prices during the post-discount period. The experimental results in the study showed that choosing the discount stop time, taking into account inventory dynamics, demand dynamics, and discount traces, helps maintain inventory availability and is more profitable for the retailer than choosing an arbitrarily chosen point in time.

(Akhilesh Kota, 2024) presented an analysis of a machine learning-based dynamic pricing system designed for retail environments. The analyzed system leveraged advanced microservices architecture, real-time data processing, and advanced machine learning algorithms to optimize pricing decisions across different market conditions, employing distributed computing principles that include feature processing and multi-model machine learning components. The implementation of a scalable solution combining high-frequency data processing with intelligent price optimization has been examined. This solution also

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

included competitive analysis, demand patterns, and inventory management. Experimental findings demonstrated significant improvements in revenue optimization, operational efficiency, and market competitiveness while maintaining system reliability and security standards.

(Sentao Miao et al., 2022) aimed to address the context-based dynamic pricing problem of online products with low sales figures and proposed pricing policies that can simultaneously aggregate product demand and make individual pricing decisions simultaneously. By clustering the data and identifying products with similar demand patterns, they used sales data from products within the same cluster to make better pricing decisions. The evaluation has been conducted using a real dataset from Alibaba. The algorithms have been evaluated using Regret. Experimental results show that the proposed algorithms significantly outperform traditional single-product pricing policies in scenarios where product demand functions come from multiple clusters. Furthermore, the proposed policies are observed to increase revenue compared to various benchmark policies.

(Qiaochu Wang et al., 2022) aimed to provide new insights into the effectiveness of automated pricing algorithms and their interactions in competitive markets, providing retailers with guidance in determining appropriate pricing strategies. To this end, they conducted experiments and analyzed the results in both a standard Logit demand environment and a more realistic non-sequential search structural demand model. The results showed that simple rule-based algorithms can generate higher prices when competing with RL pricing algorithms. They also concluded that this could provide greater benefits for all sellers compared to scenarios where multiple RL algorithms compete with each other. Theoretical analyses conducted in a simplified environment also supported these results.

(Oleg N. Melnikov, 2023) presented the development of heuristic methods for the dynamic pricing problem and proposed a discrete-time model of dynamic pricing with a fixed time horizon. This model has been applied to products whose value expires at a predetermined date and where consumers demand at most one unit of the product. The demand structure allowed the derivation of a simple iterative equation system for optimal prices using dynamic programming techniques. The study also identified the qualitative characteristics of the optimal pricing policy and analyzed and discussed their impact on inventory and price dynamics. Based on the analysis results, a simple heuristic rule for dynamic price adjustments has been proposed. The performance of the proposed model has been evaluated using Monte Carlo experiments against optimal dynamic and fixed price policies. Experimental results demonstrate the high efficiency of the proposed heuristic strategy and its simpler derivatives.

3. DETAILS OF THE STUDY

The study primarily focused on a detailed analysis of the existing pricing system and comprehensively analyzed user requirements gathered from marketing, senior management, warehouse, and logistics departments. Based on the insights gathered from the analysis, a scalable and flexible architecture capable of responding to potential test scenarios has been

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

created. The MSSQL database within the Canias ERP 802 platform has been used as the foundation. The system has been developed to synchronize with PostgreSQL for external web/mobile applications, ensuring pricing consistency across both internal and external ERP channels. The data tables used throughout the study include Matpool and Custpool, which define product and customer pools; Price Rules and Price Rules Payment, which contain the main rule and payment details; and Bgsnewprices, which is the main table where final prices are shared with all sales channels. The system workflow diagram is presented in Figure 1.

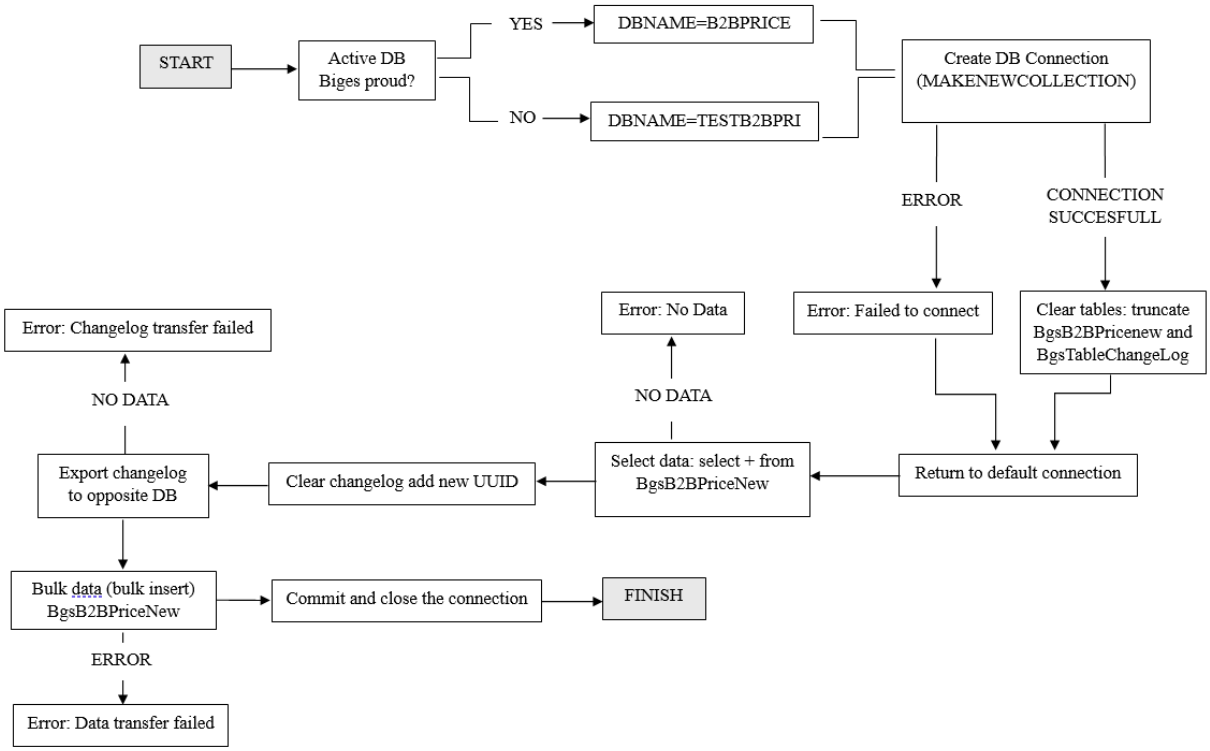


Figure 1. The system workflow diagram

First, it checks whether the active database is Bigesprod. If it's not Bigesprod, the TestB2Bprice database is selected; if it is, the B2Bprice database is selected. The initialization phase then begins with the selected database. If it fails, a "Failed to connect" error is returned. If the connection is successful, the BgsB2Bpricenew and Bgstablechangelog tables are dropped, and the process continues. The system then reverts to the default connection. After the database connection is successfully established and the relevant tables are cleared, the system selects the data in the BgsB2Bpricenew table. If no data is found in the table, an "Error: No Data" error is returned. If data exists, the change log is first cleared, and a new UUID is added for each record. The change log is then transferred to the target database. If an error occurs during change log transfer, an "Error: Change Log Transfer Failed" error is returned. If the change log is transferred successfully, the system loads bulk data into the BgsB2Bpricenew table. If an error occurs at this stage, the error "Error: Data Transfer Failed" is returned. If the bulk data transfer is successful, the changes are saved, the database connection is closed, and the transaction is completed.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

3.1 Pricing Calculation Algorithms

Price calculation algorithms have been developed under two TROIA classes, Bgspricenew and Price Engine. A multithreading structure has been implemented to optimize price calculation time. This structure enabled many simultaneous price calculations to be executed in parallel, providing high performance on high-volume datasets.

In the algorithm's operating logic, the price tables and control variables are first initialized. Each pricing rule in the Getrules table is processed using a loop. First, the material and customer matches are checked for correctness, and the rule type is determined. If the rule is of type "EZ", it is applied individually. If the rule is not of type "EZ", it is included in the rule group to be run together, and a chain discount is calculated. At each rule step, price variables are continuously updated, and dynamic discounts are applied cumulatively. Once the loop is complete, the last calculated row is added to the results table, the Final Dynamics Table, and the process is completed by calculating final discount rates and prices for different payment types.

3.2 User Interface

Development has been carried out using the TROIA language, Canias ERP's native platform. The Bgsmatpool / Bgscustpool screen has been developed for dynamic product and customer pool definition. Figure 2 shows a list of the current material pools used in the system.

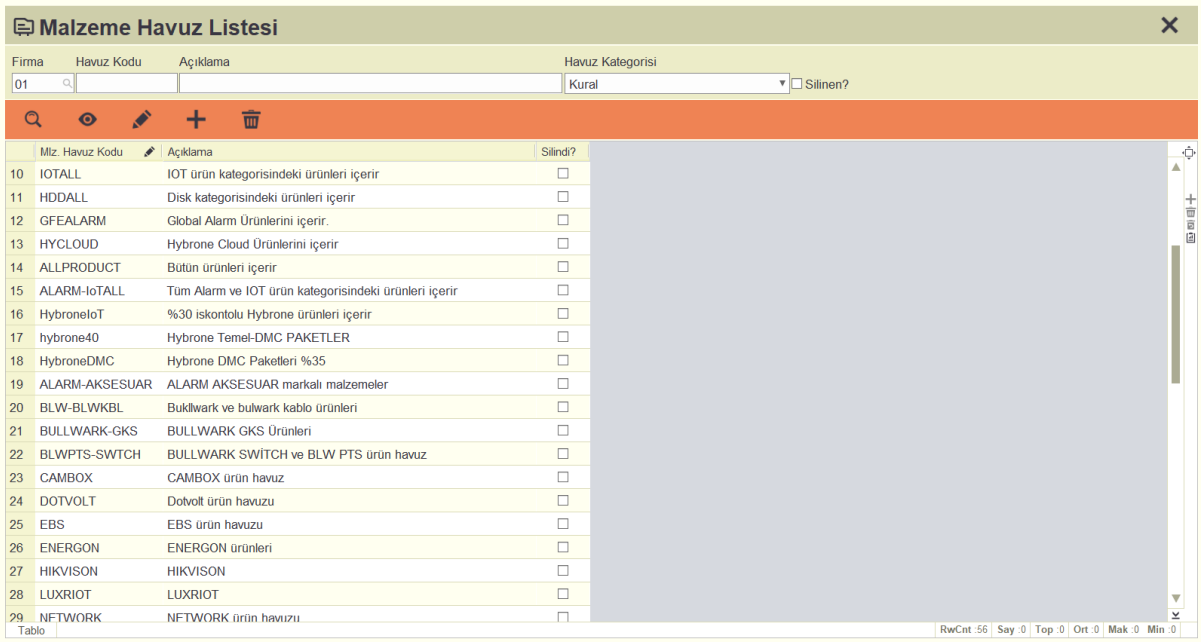


Figure 2. Material pool list main screen

The Material Pool List screen displays a list of material pools defined in the system. Selected pools can be viewed, edited, or deleted. The screen in Figure 3 defines the category, description, and operating logic of the relevant pool.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

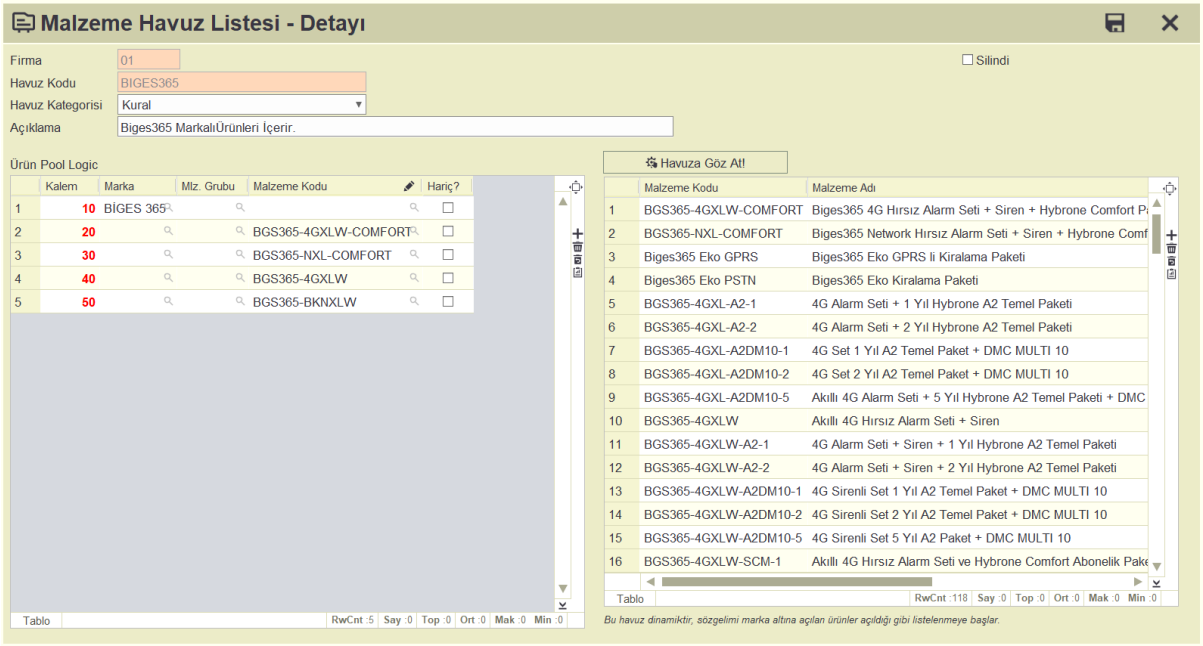


Figure 3. Material pool detail example

In the example shown, in addition to all materials bearing the brand name "BIGES 365," there is a pool containing four other materials without the brand name "BIGES 365." A new "BIGES 365" branded product added to the ERP system later will automatically become an element of this pool thanks to the defined dynamic structure. The main screen of the customer pools, where customers in the system are dynamically grouped, is shown in Figure 4.

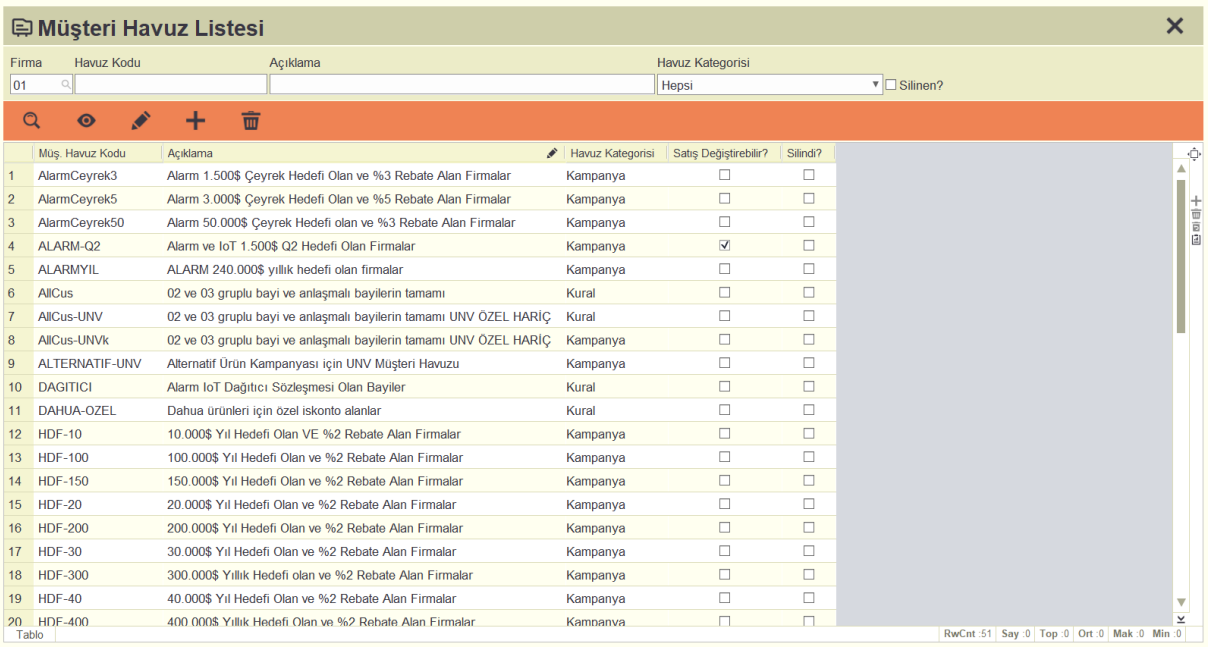


Figure 4. Customer pool list main screen

From customer pool list main screen, customer pools can be viewed, edited, deleted, and/or new pools added. A customer pool detail screen is shown in Figure 5.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

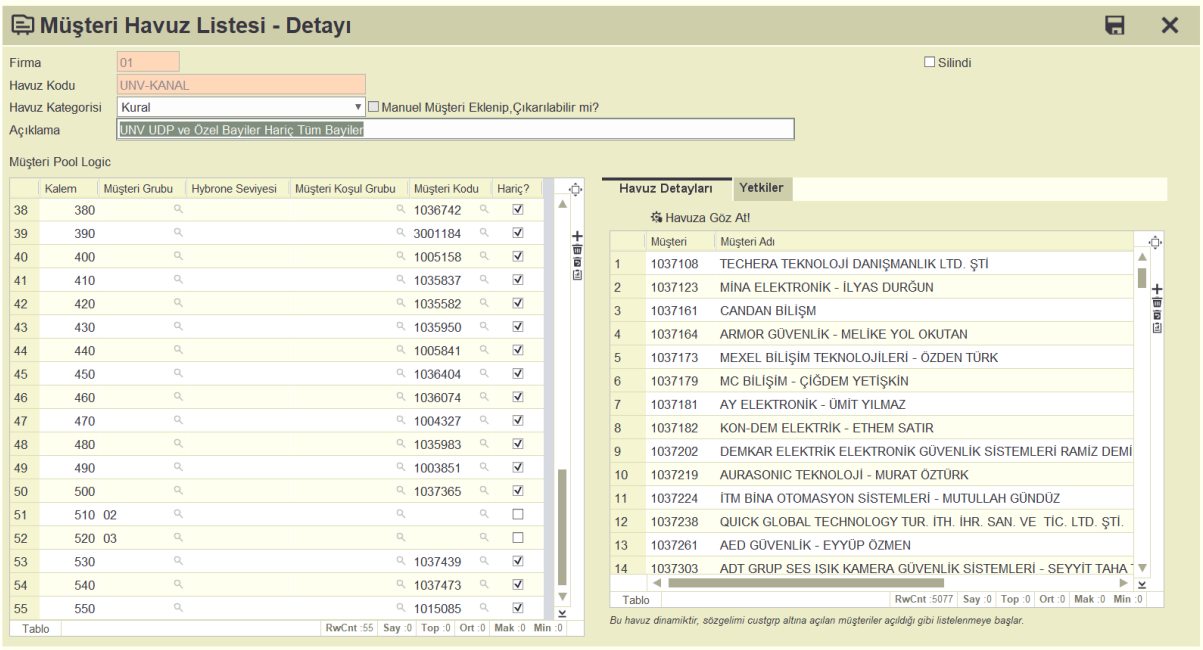


Figure 5. Customer pool detail example

For instance, a pool is defined by excluding some customers from customer groups 02 and 03 (Resellers and Contracted Dealers). This example defines all dealers and contracted dealers, except for the special dealers selected for UNV UDP, to be managed with a single pool code. A new customer belonging to customer groups 02 or 03 will dynamically become a member of this pool.

Within the scope of BGST107, customer, product, discount and payment rules can be defined. The list in Figure 6 displays all the rules that will apply to dynamic pricing.

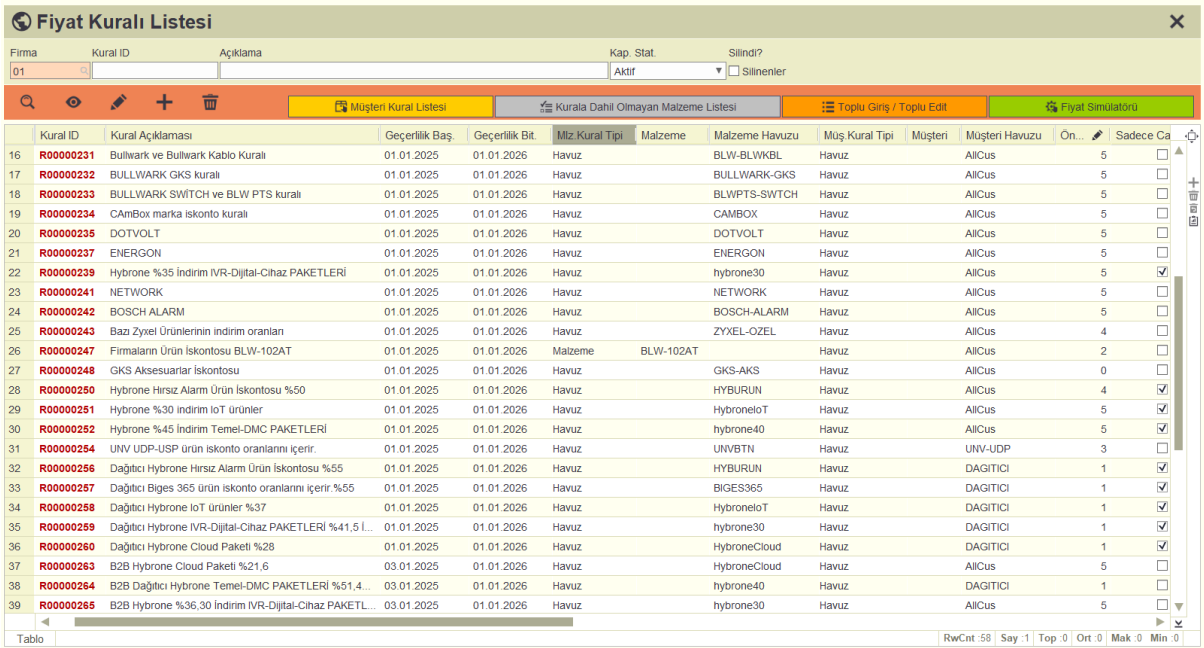


Figure 6. View from pricing rules list

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Pricing authorities can modify existing rules, add new rules, or delete existing rules using this screen. Pricing will attempt to calculate prices dynamically at time "t" (when a price is requested, in all scenarios where the customer and material are specified, and in all scenarios where the question "What is the price of this material for this customer?" is needed), filtering through all active, not deleted, and relevant customer/material pool rules. Figure 7 displays the details of a pricing rule.

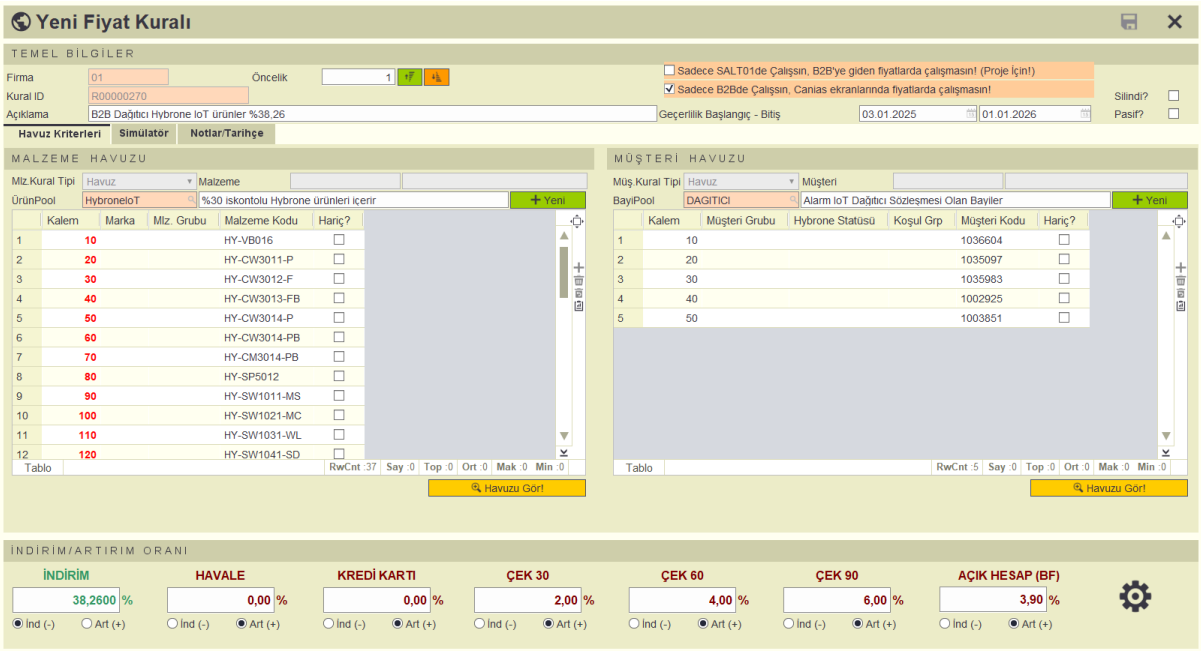


Figure 7. Sample rule detail screen

The authorized user has set the following parameters in this rule:

1. This rule will only work for the B2B channel. This rule will be bypassed when evaluating price requests from other sources.
2. This rule is valid between January 3, 2025, and January 1, 2026.
3. These rules will apply to products included in the HybroneIOT material pool. This rule will be bypassed for products not included in this pool.
4. This rule will apply to customers who are members of the distributor pool. This rule will be bypassed for customers not included in this pool.
5. If the customer is in the distributor pool and the product is in the HybroneIOT pool, a 38.26% discount will be applied to the list price, and the product will be priced at 38.26% less for that customer. - If the payment method is Money Order, there will be no change, if it is credit card, check or open account, the price will be determined by increasing the determined rates, as can be seen from the visual.

The Price Simulator screen in Figure 8 allows us to calculate/predict what the current price will be in any given bank and under any given conditions, given a customer and product information.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

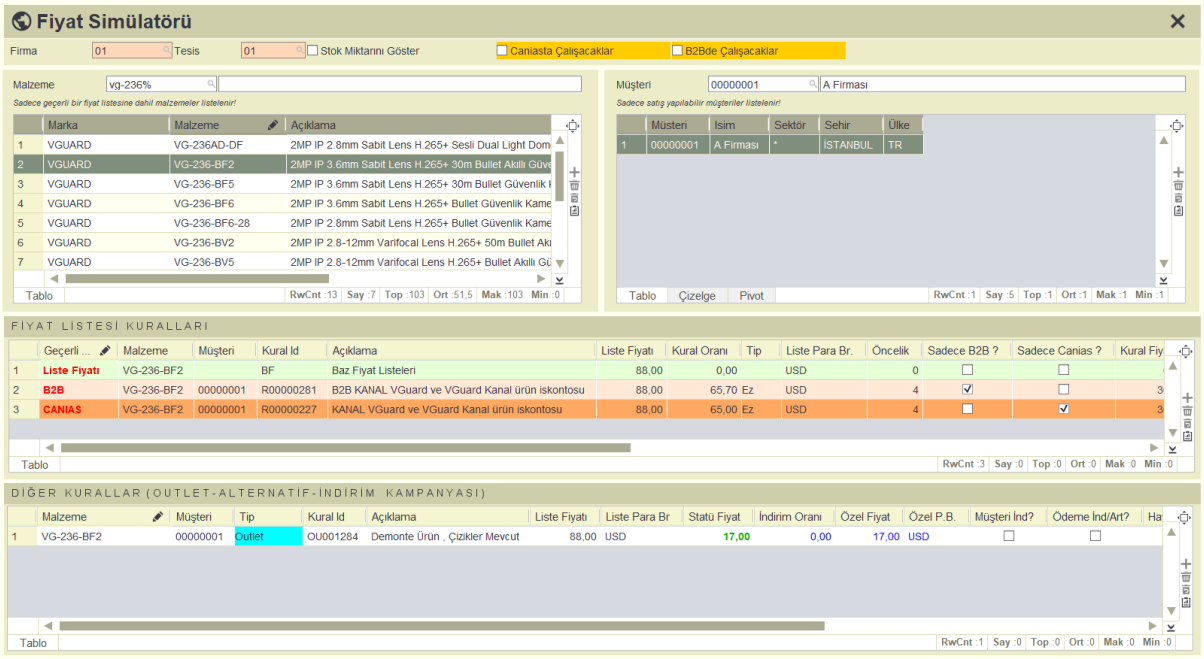


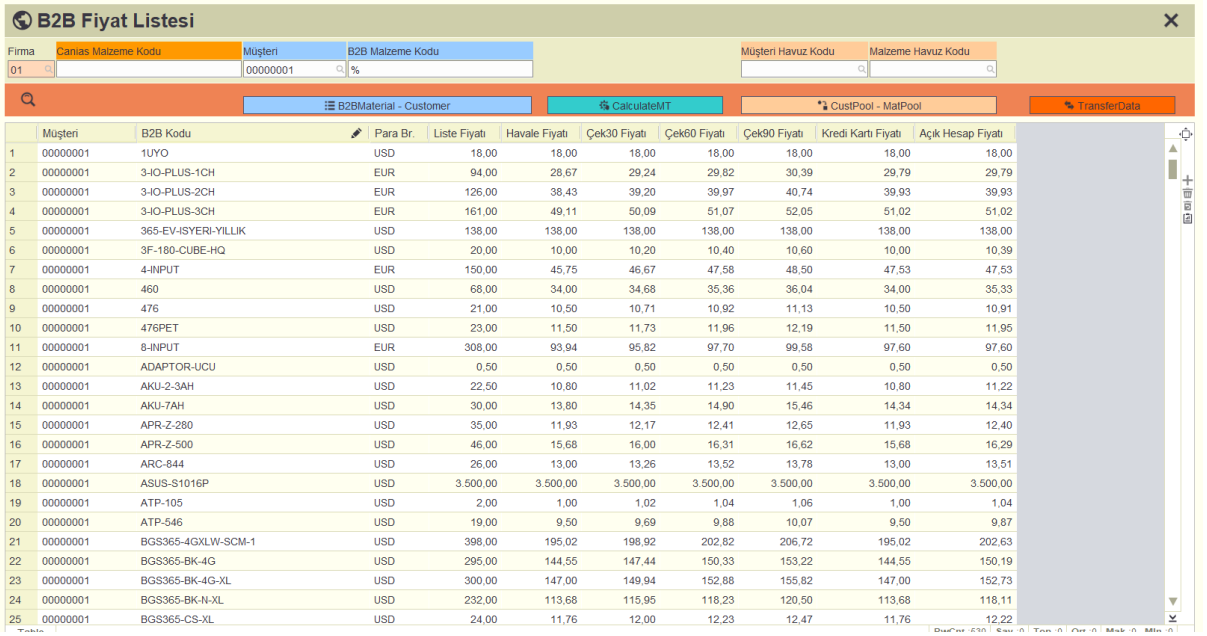
Figure 8. Price simulator screen

In the example in Figure 8, it has been provided the following information regarding the price of material VG-236-BF2 with code 00000001 at Company A:

- The product's list price appears to be $88.
- The product is included in the B2B channel under rule code R00000281. This rule only works in the B2B channel, and due to the rule parameters, the price of this product is calculated as $30.18 for Company A. Different prices can also be displayed for different payment methods.
- If the product is calculated within ERP, it will be subject to rule code R00000227. The price is calculated as $30.80.
- The product is also sold as an outlet with rule code OU001284. According to this rule, a price of 17.00 USD has been calculated for all payment methods.

Figure 9 displays the collectively calculated prices of all products for Company A, code 00000001, as an example.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4



	Müşteri	B2B Kodu	Para Br.	Liste Fiyatı	Havale Fiyatı	Çek30 Fiyatı	Çek60 Fiyatı	Çek90 Fiyatı	Kredi Kartı Fiyatı	Açık Hesap Fiyatı
1	00000001	1UYO	USD	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
2	00000001	3-IO-PLUS-1CH	EUR	94,00	28,67	29,24	29,82	30,39	29,79	29,79
3	00000001	3-IO-PLUS-2CH	EUR	126,00	38,43	39,20	39,97	40,74	39,93	39,93
4	00000001	3-IO-PLUS-3CH	EUR	161,00	49,11	50,09	51,07	52,05	51,02	51,02
5	00000001	365-EV-ISYERI-YILLIK	USD	138,00	138,00	138,00	138,00	138,00	138,00	138,00
6	00000001	3F-180-CUBE-HQ	USD	20,00	10,00	10,20	10,40	10,60	10,00	10,39
7	00000001	4-INPUT	EUR	150,00	45,75	46,67	47,58	48,50	47,53	47,53
8	00000001	460	USD	68,00	34,00	34,68	35,36	36,04	34,00	35,33
9	00000001	476	USD	21,00	10,50	10,71	10,92	11,13	10,50	10,91
10	00000001	476PET	USD	23,00	11,50	11,73	11,96	12,19	11,50	11,95
11	00000001	8-INPUT	EUR	308,00	93,94	95,82	97,70	99,58	97,60	97,60
12	00000001	ADAPTOR-UCU	USD	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
13	00000001	AKU-2-3AH	USD	22,50	10,80	11,02	11,23	11,45	10,80	11,22
14	00000001	AKU-7AH	USD	30,00	13,80	14,35	14,90	15,46	14,34	14,34
15	00000001	APR-Z-280	USD	35,00	11,93	12,17	12,41	12,65	11,93	12,40
16	00000001	APR-Z-500	USD	46,00	15,68	16,00	16,31	16,62	15,68	16,29
17	00000001	ARC-844	USD	26,00	13,00	13,26	13,52	13,78	13,00	13,51
18	00000001	ASUS-S1016P	USD	3.500,00	3.500,00	3.500,00	3.500,00	3.500,00	3.500,00	3.500,00
19	00000001	ATP-105	USD	2,00	1,00	1,02	1,04	1,06	1,00	1,04
20	00000001	ATP-546	USD	19,00	9,50	9,69	9,88	10,07	9,50	9,87
21	00000001	BGS365-4GXLW-SCM-1	USD	398,00	195,02	198,92	202,82	206,72	195,02	202,63
22	00000001	BGS365-BK-4G	USD	295,00	144,55	147,44	150,33	153,22	144,55	150,19
23	00000001	BGS365-BK-4G-XL	USD	300,00	147,00	149,94	152,88	155,82	147,00	152,73
24	00000001	BGS365-BK-N-XL	USD	232,00	113,68	115,95	118,23	120,50	113,68	118,11
25	00000001	BGS365-CS-XL	USD	24,00	11,76	12,00	12,23	12,47	11,76	12,22

Figure 9. Dynamically calculated price list from rules for a customer

This price list can be shared with Company A across various layers and changes dynamically with rule changes. When a rule change affects Company A or all products in the system, the dynamic calculation algorithm that creates this list generates updated prices. The relevant prices are written to different databases and are not constantly updated instantly by being triggered by a rule change.

3.3 Performance and Load Test

The multi-threaded infrastructure has been tested with over 50 concurrent external channel requests and over 100 ERP sales transactions. As part of the testing process, a PostgreSQL connection has been opened, with the target database environment selected as Prod or Test (B2Bprice or TestB2Bprice) based on the difference. Existing tables have been then classified and the existence of the source data within Canias has been verified. A changelog has been created for the submission, a record has been added, and the log has been retrieved from the Changlogs table. A new connection has been opened, the target database has been connected, and the generated changelog has been written to the target database. The price data has been then transferred as a bulk insert. At the end of the process, a commit has been performed, all connections have been closed, and the necessary cleanup steps have been completed.

4. RESULTS AND DISCUSSION

With the developed system,

– A high-performance, rule-based pricing engine has been developed to accelerate and increase accuracy in dynamic pricing processes in corporate environments.
– Millions of price combinations have been calculated quickly and consistently using multithreading and pooling structures.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

- Simple interfaces have been developed that enable marketing and sales teams to easily manage complex rules.
- Full data integrity has been achieved between ERP and external channels.
- With the system's implementation, the static pricing structure has been eliminated, and all price changes became retroactively traceable through the Tablechangelog table.
- This dynamic structure provided a significant competitive advantage by enabling organizations to quickly adapt to changing market conditions.

5. CONCLUSION

In today's technological world, commerce is constantly evolving and changing. This increases sales volume in commerce. Increasing sales volumes directly impact the economy, which is one of the main reasons why sales prices also constantly change. Determining constantly changing sales prices with traditional methods can be time-consuming. They also fail to consider parameters that can change instantly, such as stock availability, seasonality, and customer segments. In this study, a rule-based, dynamic system that calculates prices in real time has been developed. Additionally, a simulator has been developed to pre-test potential rule conflicts. With the developed system, millions of price combinations have been calculated quickly and consistently using multi-threading and pooling structures.

REFERENCES

1. Sahoo, D., Mohanty, S., Choudhury, A. R., Panda, N., Acharya, A. A., & Das, S. (2025, May). AI-Driven Dynamic Pricing System. In 2025 International Conference on Advancements in Smart, Secure and Intelligent Computing (ASSIC) (pp. 1-6). IEEE.
2. Mussi, M., Genalti, G., Trovò, F., Nuara, A., Gatti, N., & Restelli, M. (2022, August). Pricing the long tail by explainable product aggregation and monotonic bandits. In Proceedings of the 28th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (pp. 3623-3633).
3. Shukla, S., Kharde, Y., Mandala, G. N., Jadhav, S. B., & Doguparthy, G. S. (2023, August). Optimization of Dynamic Pricing in E-Commerce Platform with Demand Side Management using Fuzzy Logic System. In 2023 Second International Conference on Augmented Intelligence and Sustainable Systems (ICAISS) (pp. 848-853). IEEE.
4. Anand, G., Vashisht, P., & Singh, S. P. (2023, September). Dynamic Price Management System in a Distributed Cloud Environment. In 2023 6th International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I) (Vol. 6, pp. 1669-1676). IEEE.
5. Ashok, S., Athulya, S., & Thomas, J. (2025, April). Price Minds: AI-Driven Insights, Recommendations and Dynamic Pricing. In 2025 International Conference on Advances in Modern Age Technologies for Health and Engineering Science (AMATHE) (pp. 1-7). IEEE.
6. Agnihotri, A., & Raj, I. I. (2024, June). Advanced Deep Reinforcement Learning Framework for Dynamic Pricing Optimization in E-commerce Marketplaces. In 2024 15th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT) (pp. 1-6). IEEE

7. Kelesakis, D., Vavliakis, K. N., & Symeonidis, A. L. (2021, June). Personalized Dynamic Pricing with RFM Modeling. In Proceedings of the 7th International Conference on e-Society, e-Learning and e-Technologies (pp. 35-41).
8. Nouri-Harzvili, M., & Hosseini-Motlagh, S. M. (2023). Dynamic discount pricing in online retail systems: Effects of post-discount dynamic forces. Expert systems with applications, 232, 120864.
9. AKHILESH, K. (2024). Building a Dynamic Pricing Engine with Machine Learning for Retail. INTERNATIONAL JOURNAL, 10(6), 2296-2306.
10. Miao, S., Chen, X., Chao, X., Liu, J., & Zhang, Y. (2022). Context-based dynamic pricing with online clustering. Production and Operations Management, 31(9), 3559-3575.
11. Wang, Q., Huang, Y., Singh, P. V., & Srinivasan, K. (2023). Algorithms, artificial intelligence and simple rule based pricing. Available at SSRN 4144905.
12. Melnikov, O. N. (2023). Heuristic Rules for the Dynamic Pricing Problem. Organizations and Markets in Emerging Economies, 14(2), 436-457.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

DEVELOPMENT OF A LARGE LANGUAGE MODEL-BASED CALL CENTER SOLUTION FOR THE TOURISM SECTOR

Engin Alan
Binovist IT Consulting
engin.alan@binovist.com - ORCID: 0009-0007-5761-4010

Özer Kayhan
Binovist IT Consulting
ozer.kayhan@binovist.com - ORCID: 0009-0008-3200-1776

Gökhan Kaya
Binovist IT Consulting
gokhan.kaya@binovist.com - ORCID: 0009-0008-1992-3696

Sude Sarı
Binovist IT Consulting
zsudesarii@gmail.com - ORCID NO: 0000-0002-0341-6488

Ceren Ulus
EFA Innovation Consulting and Technology
f.cerenulus@gmail.com - ORCID: 0000-0003-2086-6381

Nazlı Yusufoğlu
EFA Innovation Consulting and Technology
yusufoglunazli@gmail.com - ORCID: 0009-0009-7331-7897

M. Fatih Akay
Çukurova University
mfakay@cu.edu.tr - ORCID: 0000-0003-0780-0679

ABSTRACT

Call centers are a type of service that enables companies to communicate with their existing customers, increases the visibility of their campaigns and events, and collects information from customers by evaluating complaints and requests. Call Center solutions are an important type of service for many sectors, including the tourism sector. In the traditional workflows of call centers, structured data is usually processed, and post-call solution follow-up is carried out. However, processing unstructured conversational content in live interviews can be a good guide in understanding the customer. Today, the widespread use of speech recognition and Large Language Models (LLMs) provides the opportunity to process unstructured data in call centers. In this direction, the aim of this project is to provide a solution that accelerates the decision-making processes and eases the workload of customer representatives in tourism call centers. Accordingly, a recommendation system based on an LLM has been developed which can perform Speech-To-Text (STT) process. Integrated into ROBESME, a Customer Relations

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Management (CRM) platform, this system converts customer call dialogues into text and automatically creates the most suitable travel options and personalized message drafts according to customer constraints. The platform has been tested in three separate scenarios: manual, has only speech recognition, and has both speech recognition and LLM-support. To evaluate the performance of this system, Average Handle Time (AHT), Customer Satisfaction Score (CSAT), Offer Suitability (OS), Conversion Rate (CR) and Time-to-Email (TTE) indicators have been used. The best result for all five indicators has been obtained in both the speech recognition and LLM supported scenario.

Keywords: Tourism Call Center, Speech-to-Text, Large Language Models

1. INTRODUCTION

Call centers are companies that communicate with existing or potential customers; it is a type of service that performs tasks such as evaluating complaints, requests and suggestions, collecting information about customers, and increasing the visibility of campaigns and events. Call centers identify customer demands by creating a bridge between the company and customers and ensure that actions are taken to increase customer satisfaction for these demands. Thus, it contributes to sales and marketing and increasing the loyalty of existing customers.

Call Center solutions play an important role in improving the quality of customer service and managing reservation processes in the tourism sector. Call center agents provide solutions and campaigns to customers, considering operational constraints such as visa eligibility, flight and tour availability, and pricing, in line with the customer's preferences such as budget, travel dates, and desired experiences specified during the call. Creating accurate and personalized travel offers as quickly as possible is one of the most important goals of call centers in the tourism industry. In this way, the customer is made to feel special and the opportunity is provided for businesses to strengthen their loyalty programs. This increases customer loyalty and ensures repeat bookings.

Today, CRM and Customer Experience Management (CEM) systems used for all these purposes have deficiencies in customizing offers to be offered and recommend campaigns suitable for customer preferences and demands. Traditional workflows often focus on handling structured data and tracking post-call tasks. However, processing rich, unstructured conversational content in live interviews can allow for a better understanding of the customer's real needs and feelings and translating this understanding into personalized service experiences. Incorporating information such as preferences, constraints, and emotional signals conveyed during conversations into the system's task flow enables real-time interpretation of customer intent.

In recent years, advancements in speech recognition and LLMs have provided a strong foundation for collecting and processing real-time information during calls. Using STT convertion tools, sentences expressed during the interview can be converted into text. LLMs can analyze the obtained textual data, identify important concepts, constraints, and preferences

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

within the text, and thus enable the automatic generation of personalized service recommendations.

The aim of this project is to provide a service that supports the decision-making processes of customer representatives in tourism call centers. Accordingly, a recommendation system based on STT capturing and LLM has been developed. This system converts the conversations made with the customer during the call into text in real time and prepares personalized email or message drafts using these data insights and presents them to the user after the agent's approval.

This study is organized as follows: Section 2 includes relevant literature. Details of the platform are presented in Section 3. Results of the study are given in Section 4. Section 5 concludes the paper.

2. LITERATURE REVIEW

(Varsha Embar et al, 2025) introduced an automated call driver creation system for the call center industry, enabling him to provide actionable insights driven by call agents. The study includes a comprehensive analysis of proprietary, open-weight, and fine-tuned models; It includes cost-effective strategies of the developed system and the relevant cost analysis of the system when used in production environments. With the developed system, it has been made easier to manage tasks such as topic modeling, incoming call categorization, trend detection, and frequently asked questions generation.

(Suman Chintala, 2024) presented a solution for call centers to gain business insights from voice data by integrating Google's STT Application Programming Interface with the call center database which is called BigQuery. Looker Studio has been used to create post-call analytics, thereby improving customer support efficiency for call centers.

(Xin Xie et al., 2024) aimed to increase the performance of Customer Service Representatives (CSRs) in managing customer requests and complaints. In this direction, a multimodal training system has been developed using LLM and Text-To-Speech (TTS) technology and STT technologies. With this system, realistic simulations of both logical and illogical customer complaints have been provided for comprehensive CSR training. The study found that a coaching agent evaluating trainee responses using advanced customer service theories provided immediate feedback and actionable insights. The system has been tested on a large call center and achieved performance improvement in trainee performance, customer satisfaction and customer complaint resolution rate.

(Varun Nathan et al., 2023) presented an analysis in which he compared the key features learned by fine-tuned LLMs for Contact Centers (CC) using speech, channel, and Automatic Speech Recognition (ASR) features with Out-Of-The-Box (OOB) LLMs. Flan-T5 and Llama architectures, their sizes such as 3D, 7B, 11B, 13B and fine-tuning paradigms are discussed. The findings demonstrated the successful performance of CC-LLMs in in-domain subtasks, with over 48% improvement in generating meaningful responses compared to OOB-LLMs. In addition, probing tasks have been applied to measure how well OOB-LLMs and CC-LLMs represent surface, syntactic, and semantic information on the SentEval dataset. As a result, it

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

has been shown that fine-tuned models provide better performance than general OOB models. However, during the training of fine-tuned models, the model began to care less about general grammar. This revealed the impact of domain-specific fine-tuning on the model's use of the general features of the language.

(Xinghua Qu et al., 2023) presented voice-based Conversational Recommender Systems (VCRS) as an alternative to text-based CRSs. In this context, firstly, two VCRSs benchmark datasets have been created in the fields of trade and film. Then, it has been converted user-element interactions into text-based conversations through ChatGPT-driven prompts to create diverse and natural templates, and then the corresponding voices have been synthesized through a TTS model. Furthermore, end-to-end VCRs have been created, extracting without any problem and integrating voice-based inputs to ensure the naturalness and enhance the quality of voice conversations. Thus, self-explanatory and user-friendly VCRs have been presented.

(Ashish Bastola et al., 2023) aimed to examine the potential of LLMs to increase work efficiency in collaborative work environments. To this end, they proposed an LLM-based Smart Reply (LSR) system based on ChatGPT to generate personalized responses. This system adapts to the context of previous responses and communication style. The proposed system consisted of a two-stage process. First, preliminary response types such as "Agree" and "Disagree" have been generated to provide general guidance for message creation. This shortened response drafting time through this guidance. Then, an experiment has been conducted in which participants completed work tasks using Google Calendar, including subtask planning using a double N-back test. The results showed that the proposed LSR system reduced overall cognitive workload, as measured by the NASA Task Load Index (NASA-TLX), and also increased participants' work performance and productivity in the N-back task. The study also presented qualitative analysis results based on participant experiences and provided consideration for future designs for improving these applications.

(David Massimo and Francesco Ricci, 2022) discussed the Recommendation Systems (RS) and their requirements for the tourism sector. As a solution to these area-specific constraints, a "next Point of Interest" recommendation method, an RS approach that generates proposals that better meet the real needs of tourists, has been presented. This method has been compared to the nearest neighbor-based "next item recommendation system" on a test case. In addition, a discussion on the validation methods of recommendation systems has been presented.

(Dina Oralbekova et al., 2022) proposed a method using Conditional Random Field and Connectionist Temporal Classification together to recognize a low-resource language like Kazakh. They used recurrent neural network and ResNet network architectures to build the model using language models. Experimental results show that the proposed approach, based on the ResNet architecture with the Recurrent Neural Network language model, achieved the best Character Error Rate (CER) result for Kazakh with a value of 9.86% compared to other network architectures.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

(Dietmar Jannach et al., 2021) presented a detailed review of the existing approaches to CRS. These approaches have been categorized in terms of their intent and the information used in the background. In addition, the technologies used have been discussed and a literature review has been conducted to reveal the evolution of CRS from past to present. Finally, the deficiencies in the literature have been identified and predictions for future studies have been presented.

(Mirosław Płaza et al., 2021) aimed to improve the transcription quality of call transcription methods implemented by ASR systems in contact centers. Accordingly, a comparative analysis of selected speech recognition systems supported by pre-processing of audio recordings and post-processing of originally produced transcriptions has been presented. Testing of preprocessing processes included separation of client and agent channels into two independent signals, training of ASR systems, and audio signal correction. On the other hand, in post-processing processes, processing of incomprehensible sounds, normalization of standard expressions (e.g. numbers, dates, times, etc.), identification of close-sounded phrases and foreign language expressions, and lemmatization tests have been performed. Furthermore, based on these analyses, a new method of call transcription specifically designed for call center systems has been proposed.

3. DETAILS OF THE PLATFORM

3.1 ROBOSME Platform

ROBOSME is a cloud-based, multi-tenant CRM/CEM platform. While developing the backend part of this platform, the .NET Core framework has been used, PostgreSQL has been chosen as the database, Redis has been preferred for caching and plugin record acceleration, and Elastic Stack has been used for central logging/monitoring. NHibernate has been chosen for data operations, and this structure has been supported by software architecture patterns such as Unit-of-Work, Dependency Injection / Inversion of Control and aspect-oriented caching/error handling. The platform has been structured in a multi-tenant architecture; that is, each customer's data isolated from each other. The platform include seven different modules: FollowUpSME, SaleSME, MarketSME, ServiSME, SetSME, Customer Analytics, and SocialSME. Business processes have been modeled with a trigger to action chain and built on a dynamic workflow system that can be expanded with plugins.

3.2 Speech-to-Text Conversion LLM-based Processing Pipeline

The process of the platform making a tour offer with real-time STT of agent–customer dialogues start with receiving the customer and representative voice streams and, if possible, separating them on a channel basis. Afterwards, the conversations are transcribed incrementally, recorded with timestamps, speaker labels, and confidence scores. Entities such as dates, budgets, cities, airlines are normalized, and constraints are labeled. These restrictions consist of date and visa filters. While performing real-time data extraction, travel history information such as destinations, seasons, travel companions, budget ranges, satisfaction level; and visa information

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

such as country, type, validity period, remaining entry rights have been pulled. When pulling data, only the information necessary for the recommendation has been processed and personal data have been masked. The platform's real-time STT conversion of the data obtained during the call and making tour proposals starts with the receipt of customer and representative voice streams and, if possible, separating them on a channel basis. Afterwards, the conversations are transcribed incrementally, recorded with timestamps, speaker labels, and confidence scores. Entities such as dates, budgets, cities, airlines are normalized, and constraints are labeled. These restrictions consist of date and visa filters. While performing real-time data extraction, travel history information such as destinations, seasons, travel companions, budget ranges, satisfaction level, and visa information such as country, type, validity period, remaining entry rights are pulled. When pulling data, only the information necessary for the recommendation is processed and personal data is masked.

Within the scope of guardrails, fixed filters such as visa, eligibility, and budget limits are applied before information is sent to the model; so that the model cannot make invalid recommendations. Also, precise preferences from the customer (e.g. “I don't want a connecting night flight”) and soft preferences (e.g. “If possible, with a sea view”) are also considered. Tours that are the same or similar to previous trips are penalized unless otherwise stated. Reference is made to the restrictions met when describing the recommendations created. (e.g. “Suitable for the current multiple-entry visa”, “Different from your previous Iberia tour”).

The Alotech screen is shown in Figure 1. This screen is the call center representative search screen where calls from or to customers within the organization are made.

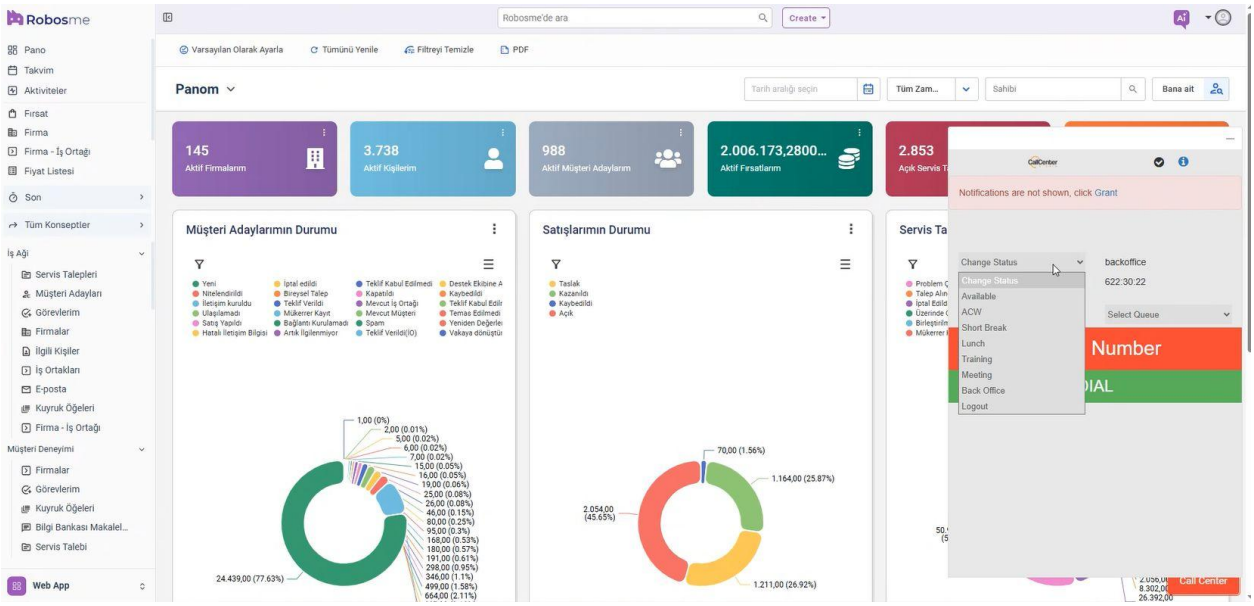


Figure 1. The Alotech screen

The incident screen is shown in Figure 2. This screen is where the complaints and requests of the Institution's customers are recorded.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

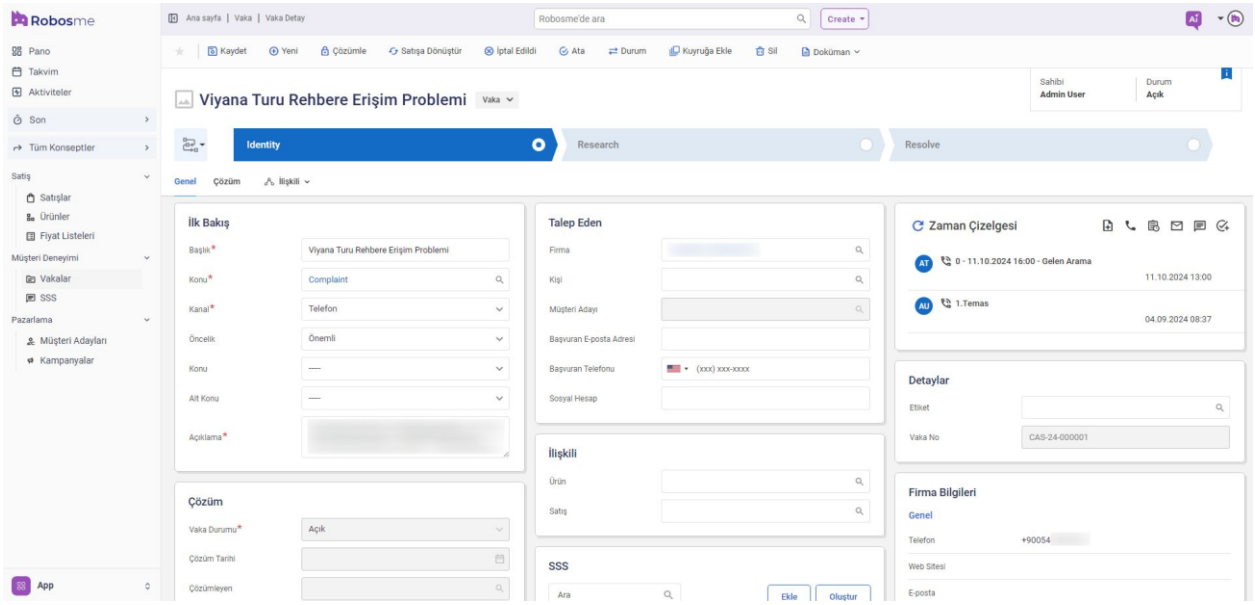


Figure 2. The incident screen

The workflow, called PostCallTourSuggest, listens to CallEnded Events and processes the corresponding transcript Identity. The process consists of creating context, generating candidates, ranking with LLM, creating emails, sending emails, and Key Performance Idıcator (KPI) recording steps, respectively. Business teams can set thresholds such as maximum email latency or budget variance without code changes.

Consent is obtained for service personalization and marketing follow-ups under data governance and compliance, contractual and based on legitimate interest, depending on the jurisdiction. Only the fields required for the visa eligibility check are used and, Free-form personal data in transcripts is masked. Role-based access control, audit trails, and data encryption (dynamic and stationary) are implemented. Human agents can approve or modify email drafts, ensuring human control. All offers are recorded in a traceable way back to the source of the inputs.

The Roboresponse screen is shown in Figure 3. On the e-mail screen, the user opens the page (RoboResponseDetail.jpg) that establishes the LLM communication by clicking the Response button above the e-mail detail area.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

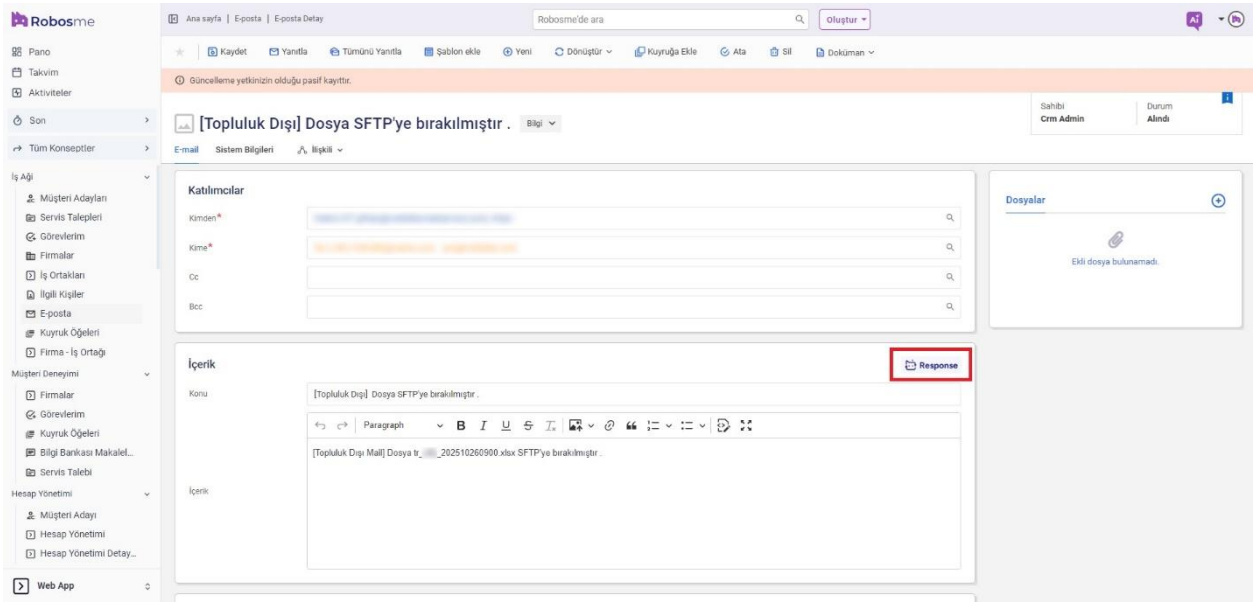


Figure 3. The Roboresponse screen

The screen that establishes LLM API communication is shown in Figure 4. It opens with a question about the tone of the response to be written based on the email's content. It makes suggestions based on the response given.

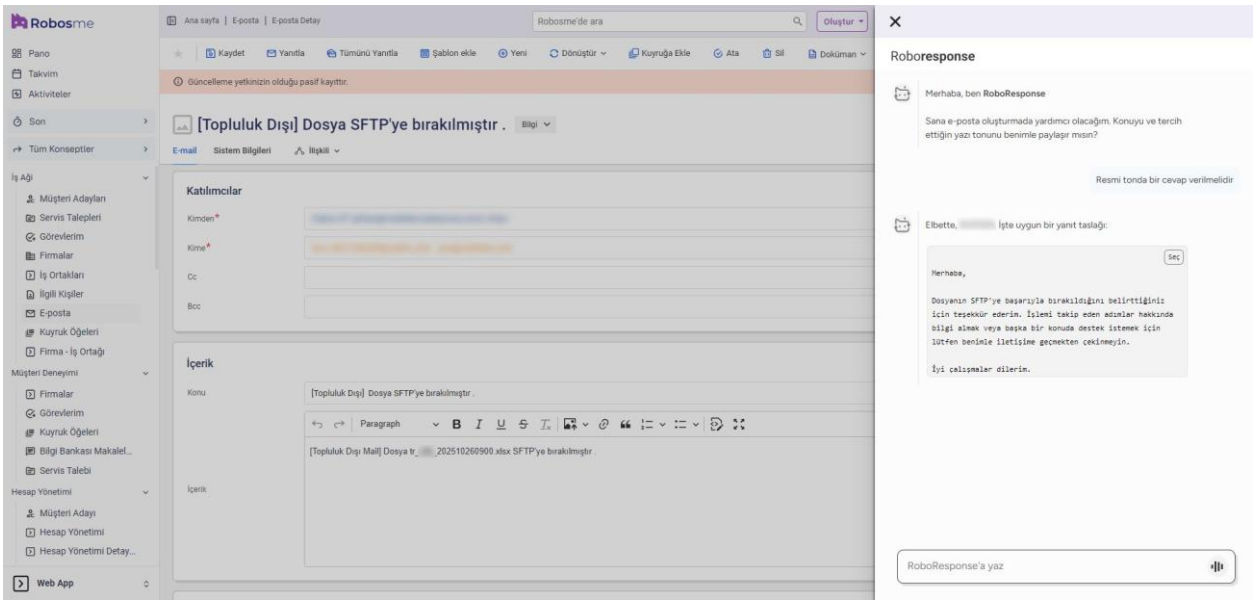


Figure 4. LLM API communication screen

4. RESULTS AND DISCUSSION

The testing processes of the developed platform have been based on a pilot study carried out on Europe-focused international tours. The pilot application has been carried out in English and Turkish languages through incoming and outgoing calls. The study lasted several weeks and thousands of calls have been examined.

The key performance metrics used in the evaluation process are AHT, CSAT, OS, TTE. Average Handling Time represents the average handling time of each call in minutes and is derived from phone records. CSAT is taken 24–48 hours after the call and is a customer

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

satisfaction survey score evaluated on a scale of 0–100. OS is the percentage of proposals that successfully pass the quality control process conducted by human representatives. This rate is measured weekly and is based on quality indicators derived from sample data. CR represents the percentage of bookings made within 14 days through emails sent and is derived from CRM order records. TTE (Time to Email) represents the time in seconds from the end of the call to the email sent and is generated from workflow records.

For comparison purposes, three different system architectures have been evaluated: BO, B1, and B2. B0 represents the classic CRM system, which lacks STT data and LLM components, with fully manual notetaking and proposal preparation processes. B1 represents the CRM architecture with only STT integration, generating transcripts but lacking the LLM sequencer. B2 (the recommended system) is a system with both STT data and LLM support, operating with a fully automated workflow.

The pilot results revealed the comparative performance of the three systems as shown in table 1.

Table 1. Pilot Outcomes

KPI	B0	B1	B2 - Proposed
AHT (min)	9.2	8.8	7.5
CSAT (0-100)	78	81	95
OS (%)	64	72	92
CR (%)	11.5	12.2	13.2-13.5
TTE (sec)	-	240	≤ 60

Based on results:

- The AHT value is 9.2 minutes in B0, 8.8 minutes in B1 and 7.5 minutes in B2, so approximately 18% decrease in AHT value is achieved.
- The CSAT score is 78 in B0, 81 in B1, and 95 in B2. An increase of approximately 22% has been achieved at the B2 level compared to B0.
- Bid eligibility achieved 64% in B0, 72% in B1, and 90% in B2, resulting in an increase of approximately 26 points.
- When the CR is examined, it is seen that a relative increase of approximately 15% is achieved by giving the values of 11.5% in B0, 12.2% in B1, and 13.2-13.5% in B2.
- It has been observed that the e-mail sending time has decreased from 240 seconds to less than 60 seconds.

When all results have been examined, it has been seen that note-taking accuracy increased and AHT decreased in the B2 scenario with only STT use. The B3 scenario, where both STT and LLMs have been used, saw the greatest performance gain. Call agents have reported that their mental load has decreased and the need for repetitive communication has dropped significantly.

With the developed system,

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

- Constraint-aware filtering before the LLM request prevented inapplicable offers.
- The transcripts captured rich preference signals beyond static CRM fields.
- A generalizable system extending to other regulated or constraint-heavy journeys (banking product eligibility, insurance coverage checks, B2B procurement) has been provided.

5. CONCLUSION

Call center solutions have a purpose to improve the quality of customer service and thus offer customers solutions and campaigns that meet their demands. Creating accurate and personalized travel offers quickly and presenting them to the customer is one of the most important goals of call centers in the tourism sector. Currently, Traditional CRM workflows achieve this by leveraging insights obtained from structured customer data. However, processing unstructured data can also help firms to better analyze customers and provide more appropriate recommendations. Accordingly, an LLM-supported recommendation system has been developed that provides STT transformation. The developed system performed better than test scenarios where call agents manually offered suggestions or only included speech recognation. The system reduced AHT by 18%, increased CSAT score by 22%, increased Offer eligibility score by approximately 26 points, and increased CR by 15%. Additionally, it has reduced email send times to less than 60 seconds. Thus, the workload of call center representatives has been reduced, the quality of the suggestions has been improved, and customer satisfaction have increased.

REFERENCES

1. Embar, V., Shrivastava, R., Damodaran, V., Mehlinger, T., Hsiao, Y. C., & Raghunathan, K. (2025). LLM-Based Insight Extraction for Contact Center Analytics and Cost-Efficient Deployment. arXiv preprint arXiv:2503.19090.
2. Chintala, S. (2024). Boost Call Center Operations: Google's Speech-to-Text AI Integration. International Journal of Computer Trends and Technology, 72(7), 83-86.
3. Xie, X., Cui, R., Fan, L., & Yang, X. (2024, December). Multi-Modal Training System for Customer Service Representatives Using Large Language Models. In 2024 5th International Conference on Computers and Artificial Intelligence Technology (CAIT) (pp. 616-621). IEEE.
4. Nathan, V., Kumar, A., Ingle, D., & Vepa, J. (2023). Towards Probing Contact Center Large Language Models. arXiv preprint arXiv:2312.15922.
5. Qu, X., Liu, H., Sun, Z., Yin, X., Ong, Y. S., Lu, L., & Ma, Z. (2023, July). Towards building voice-based conversational recommender systems: Datasets, potential solutions and prospects. In Proceedings of the 46th International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval (pp. 2701-2711).
6. Bastola, A., Wang, H., Hembree, J., Yadav, P., Gong, Z., Dixon, E., ... & McNeese, N. (2023). Llm-based smart reply (lsr): Enhancing collaborative performance with chatgpt-mediated smart reply system. arXiv preprint arXiv:2306.11980.

7. Oralbekova, D., Mamyrbayev, O., Othman, M., Alimhan, K., Zhumazhanov, B., & Nuranbayeva, B. (2022, November). Development of CRF and CTC based end-to-end kazakh speech recognition system. In Asian Conference on Intelligent Information and Database Systems (pp. 519-531). Cham: Springer International Publishing.
8. Massimo, D., & Ricci, F. (2022). Building effective recommender systems for tourists. AI Magazine, 43(2), 209-224.
9. Jannach, D., Manzoor, A., Cai, W., Chen, L. (2021). A Survey on Conversational Recommender Systems. ACM Computing Surveys 54(5):1–36. ACM Digital Library
10. Płaza, M., Pawlik, Ł., & Deniziak, S. (2021). Call transcription methodology for contact center systems. IEEE Access, 9, 110975-110988.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

DEVELOPMENT OF MACHINE LEARNING-BASED CUSTOMER CHURN PREDICTION MODELS FOR PAYMENT AND ELECTRONIC MONEY INSTITUTIONS

Burak TUNCA

PayTR, Dept. of Technology,

burak.tunca@paytr.com - ORCID ID: 0009-0000-5717-1001

Nazan Deniz MEYDAN

PayTR, Dept. of Technology,

nazan.meydan@paytr.com - ORCID ID: 0009-0009-0000-4822

Cansu BARIŞICI

PayTR, Dept. of Technology,

cansu.barisici@paytr.com - ORCID ID: 0009-0002-6417-3237

Mehmet Bülent MUŞLU

PayTR, Dept. of Technology,

bulent.muslu@paytr.com - ORCID ID: 0009-0002-5622-9253

Özgür Sütemen

PayTR, Dept. of Technology,

ozgun.sutemen@paytr.com - ORCID ID: 0000-0002-0177-7167

Ceren Ulus

EFA Innovation Consulting and Technology, Dept. of Research and Development

f.cerenulus@gmail.com - ORCID ID: 0000-0003-2086-6381

M. Fatih Akay

Çukurova University, Dept. of Computer Engineering, mfakay@cu.edu.tr

ORCID ID: 0000-0003-0780-0679

Abstract

Payment and electronic money institutions are institutions that enable people to easily and quickly transfer money electronically. These institutions are critical to accessibility and transaction security in the financial sector. Retaining their customers is a strategic imperative for these institutions. One of the actions that must be taken in this context is to predict customer churn. Churn estimation is a value that represents the likelihood of a customer ceasing use of a product or service and is crucial for the operational effectiveness of businesses. This study aims to develop machine learning-based customer churn prediction models. For this purpose, predictive models have been developed using Random Forest (RF), Extreme Gradient Boosting Machine (XGBoost), Light Gradient Boosting Machine (LightGBM), and Logistic Regression (LR). A dataset of 224,879 rows obtained from PayTR has been used to develop the prediction

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

models. Categorical encoding has been performed on the dataset, and some analyses have been conducted accordingly. The results obtained from the developed prediction models have been evaluated using Receiver Operating Characteristic – Area Under the Curve (ROC-AUC), F1-Score, Accuracy, Precision, Recall, and Cross-Validation (CV) Score metrics. As a result, the XGBoost algorithm demonstrated superior performance, emerging as the most effective method for predicting customer churn.

Keywords: Payment and Electronic Money Institutions, Customer Churn Prediction, Machine Learning

INTRODUCTION

Payment and electronic money institutions have gained significant importance today with the advancement of technology. These institutions enable users to easily, securely, and quickly carry out transactions such as money transfers and payments digitally. In these institutions, users' deposits are held in digital wallets called e-wallets, which represent electronic currency representing monetary value. This feature allows these institutions to offer their customers significant advantages such as speed, accessibility, and low transaction costs.

For payment and electronic money institutions, gaining a competitive advantage is crucial for standing out in the market. This requires successful customer retention. Acquiring new customers, however, incurs significantly higher costs than retaining existing ones. The cost of acquiring a new customer can range from 5 to 25 times the cost of retaining an existing one. Furthermore, offering suitable products and services to new customers creates additional responsibilities, such as adapting customer service processes and ensuring customer satisfaction. Therefore, electronic money institutions should focus on retaining existing customers rather than acquiring new ones. The most crucial requirement for retaining existing customers is the ability to accurately predict whether a customer will defect.

Customer churn is defined as the loss of a portion of a business's existing customers over a period of time due to them ceasing to use their services or products. This churn is a significant problem for businesses today. Customer churn prediction allows businesses to identify which customers are at risk and develop proactive measures for high-risk customers. Therefore, accurately predicting customer churn is a strategic imperative for businesses.

This study aims to develop machine learning-based customer churn prediction models. For this purpose, prediction models have been developed using RF, XGBoost, LightGBM, and LR.

This study is organized as follows: Section 2 includes relevant literature. Dataset generation is presented in Section 3. Methodology is presented in Section 4. Development of customer churn prediction models are presented in Section 5. Results and discussion are given in Section 6. Section 7 concludes the paper.

LITERATURE REVIEW

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

[1] addressed the shortcomings of current customer churn prediction approaches quickly adapting to changes in customer behavior. Accordingly, an approach has been proposed that enables learning from new decision scenarios using the Genetic Algorithm and the Naïve Bayes classifier. The proposed approach has been tested on publicly available datasets which have been BigML Telco churn, IBM Telco and Cell2Cell. The results obtained have been 0.97, 0.97, 0.98 for average Precision; 0.84, 0.94, 0.97 for the Recall rate; 0.89, 0.96, 0.97 for F1 Score; 0.89, 0.96, 0.97 for Matthews Correlation Coefficient and 0.95, 0.97, 0.98 for Accuracy, according to the ranking of the data sets.

[2] discussed the application of Artificial Neural Networks (ANN), Decision Trees (DT), Support Vector Machines (SVM), RF, LR and Gradient Boosting (GB) techniques methods to predict customer churn in the telecommunications sector. These methods have been trained and tested on a publicly available dataset. To overcome the challenges posed by imbalanced datasets, data sampling strategies such as Synthetic Minority Oversampling Technique (SMOTE), SMOTE combined with Tomek Connections, and SMOTE combined with Edited Nearest Neighbors have been implemented. Sensitivity, Recall, F1 score, and ROC-AUC metrics have been used to evaluate. According to the results obtained, in terms of F1 Score, Categorical Boosting (CatBoost) has shown superior performance. Additionally, the XGBoost and CatBoost methods have shown superior performance in terms of AUC and ROC.

[3] addressed the basics of customer churn and customer segmentation. Supervised machine learning techniques have been used for customer churn prediction. K-Means Clustering, K-Nearest Neighbors (KNN), LR, DT, RF and SVM methods have been chosen to segment the customers. After evaluating the methods used, it has been seen that the RF method performed best with an Accuracy rate of 97%, while LR performed the lowest with an Accuracy of 87%. The findings revealed that the impact of customer segmentation on forecasting accuracy has been minimal, and the selected data sets and models significantly affect the outcome.

[4] aimed to capture and analyze the feature variables of large, comprehensive, and multidimensional data sets used for customer churn estimation. To this end, the Random Forest – Multi Layer Perceptron (RF-MLP) hybrid method has been proposed. In this method, data has been filtered and scanned with RF. It has been combined with an ANN to capture the nonlinear trait variables of the scan results. The approach has been evaluated by applying it to a real customer churn dataset. The results obtained showed that the AUC score of 84.9% of RF-MLP has been higher than the AUC scores of RF and MLP algorithms alone, which have been 9.1% and 21.7%, respectively.

[5] examined the ways to reduce churn in businesses working with the Software as a Service model. An approach to using deep learning neural networks to predict customer churn has been presented. With the proposed approach, not only the technological side, but also the needs and satisfaction of all stakeholders involved in the project (user, investor, developer, customer, etc.) have been considered. The results obtained have been discussed and evaluated, and insights have been presented in the study.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

[6] aimed to predict customer churn in order to reduce the increasing customer churn rates in the telecommunications industry. For this purpose, a customer churn prediction system has been developed using the RF algorithm and implemented on a publicly available dataset and data from a telecommunications organization in South Africa. The study highlighted data sampling and hyperparameter optimization as critical factors in the development of churn prediction models. The developed prediction system achieved over 90% Accuracy when applied for both datasets.

[7] presented an analysis of customer churn prediction models developed by applying different machine learning approaches, deep learning algorithms, meta-heuristic optimization techniques, feature extraction-based methods, and hybrid approaches across different industries. In the study, it has been stated that a model that can produce sensitive results for predicting customer churn contributes to strategies to be designed to minimize customer churn rate and retain customers.

[8] presented a hybrid recommendation approach to churn prediction and customer retention for the e-commerce industry. Recency-Frequency-Monetary theory has been used to effectively identify churn customer groups and categorize customer types. With this approach, reasonable offers and campaigns have been offered to customers. The findings of the study indicated that this approach resulted in a significant increase in Coverage Ratio, Hit Ratio, Lift Degree, Precision Rate, and other metrics.

[9] proposed a framework using a deep learning method called Swish Recurrent Neural Network (SRNN) for customer churn prediction in the telecommunications industry. Using the SRNN-based framework, Customers have been classified as "churn" or "non-churn". The churn class data has been used for customer retention strategies by examining the network usage history of customers. However, it has been noted that the developed model cannot determine the number of churn customers based on the area network usage.

[10] introduced a churn prediction approach for customer retention purposes. In this approach, LR, RF, SVM and XGBoost approaches have been applied and compared in the banking, telecommunication and information technologies sectors. With the help of this comparative analysis, strategies to acquire the customer have been developed.

[11] aimed to predict the likelihood of a customer leaving the bank six months in advance, for retail banking. For this purpose, six different methods have been tested and compared using real data. The results obtained from the test data revealed that the most successful model has been Stochastic Boosting. In addition, it has been observed that the most important variables for predicting whether a customer will leave within 1-2 months have been the total value of the bank products held by the customer in recent months and whether the customer has a credit or debit card with another bank. In the 3-4 month forecast horizon, it has been observed that the most determining factors have been the number of transactions in the last months and whether the customer has a mortgage loan in another bank.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

DATASET GENERATION

The dataset used in the study has been obtained from PayTR. The dataset consists of 7 months of transaction data. It contains a total of 224.879 merchants. The attribute groups and their descriptions are given in Table 1.

Table 1. Attribute groups and their descriptions

Attribute Groups	Descriptions
Net Rate Attributes	Seller's transaction profitability
Total Payment Volume	Total value of all payments
Transaction Count	Total number of transactions
Basket Size	Average quantity of products
Success Rate	Successfully completed transactions
merchant_type	Merchant's company type
merchant_age_days	Days since first transaction
active_months_total	Number of active months
partner_status	A binary indicator for the merchant partner status
MCC	Merchant Category Code
Valor	Merchant value indicator
Unique Days	Active transaction days per period
Net Rate	Revenue rate metrics

METHODOLOGY

4.1 Random Forest

RF is a widely used method for classification problems. RF generates a large number of trees and addresses these concerns by using multiple DTs. This distinguishes it from a single DT, which is often unstable and biased. In RF, each tree is constructed from a bootstrap sample, and randomly selected variables are used at each node. Out-of-Bag error rates are used to assess the accuracy of the trees. A final classification is determined by a majority vote across all trees. The average reduction in the Gini coefficient and accuracy are the primary error metrics. Important parameters affecting the success of an RF model are the total number of trees and the number of variables evaluated at each node. [12].

4.2 Extreme Gradient Boosting Machine

XGBoost is widely used today as an efficient gradient tree boosting algorithm that sequentially constructs DT. It offers fast and efficient performance in processing structured datasets for label classification. XGBoost combines predictions from multiple DT using a "bagging" technique. This feature allows it to maximize model performance by reducing sequential errors. XGBoost uses parallel processing to mitigate missing data issues and minimize overfitting. Thus, it significantly improves upon traditional GB [12].

4.3 Light Gradient Boosting Machine

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

LightGBM is a GB framework that uses incredibly computationally powerful tree-based learning methods. This method is a very fast algorithm. LightGBM grows vertically in a leaf-like manner, distinguishing it from horizontally growing tree-forming algorithms [13].

4.4 Logistic Regression

LR stands for multiple regression with discrete dependent variables and is widely used in many scientific fields, including churn estimation. The most important feature of LR is that it does not assume normality of the predictor variables. The probability of an event occurring is calculated between 0 and 1. When the dependent variable being predicted is at the binomial nominal level, binomial LR analysis is used to predict whether an attribute will be present based on a set of independent variables. Linear binary regression uses one variable to predict another. Multiple regression uses a single dependent variable to measure the relationship between multiple independent variables. The response variable can be either continuous or discrete. In this method, a compact distribution is not required [14].

CHURN PREDICTION MODELS

5.1 Categorical Encoding

In addition to the 42 attributes, 19 new attributes have been derived. 8 new Trend Attributes have been created to more accurately capture temporal changes in merchant behavior. 6 new attributes, including average transaction size and success efficiency, have been developed to measure transaction size and success efficiency. Within the "merchant_risk_category," the customer churn risk level has been coded on a scale of 0–3 and added as the Encoded merchant types attribute. Finally, 4 “Outlier Detection Features” attributes have been included in the dataset to detect outliers.

A risk categorization attribute, merchant_risk_category, has been created to classify merchants based on their loss risk. Merchant types have been coded from 0 to 3. This resulted in a high-risk group consisting of individual applications and apartment management types; a medium-risk group consisting of ordinary partnerships and sole proprietorships; a low-risk group consisting of limited liability companies and joint-stock companies; and a very low-risk group consisting of Turkish Republic of Northern Cyprus (TRNC) associations/foundations and cooperatives. This process resulted in the creation of a new attribute called "merchant_risk_category." Additionally, four new outlier attributes have been developed to detect outliers in key metrics, resulting in a total of 15 new attributes. The final dataset has a class distribution of 82.4% Active and 17.6% Lost.

Descriptive statistics have been calculated for the variables “success_rate_1m”, “success_rate_3m”, and “success_rate_6m”. Minimum, maximum, mean, and standard deviation values have been determined. Null control has been performed. Average success rates have been compared for classes churn_label=0 and churn_label=1. In this context, the difference between the two groups has been analyzed, and the performance of analyzing the churn class using the success rate variable has been examined. Changes in success rates have

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

been examined between the 6-month, 3-month, and 1-month periods. Merchants showing a downward trend in these rates have been determined to be at potential churn risk.

Success rate, basket size, count of daily transactions (txn_per_day), daily total payment volume (tpv_per_day), net commission rate, missing value and class imbalance analyses have been performed. to increase model performance.

For the basket size analysis, basic statistical measurements have been calculated for the variables "basket_size_per_day_1m", "basket_size_per_day_3m", and "basket_size_per_day_6m". The average basket sizes of churning and non-churning merchants have been compared. This analysis allowed assessment of whether there has been a trend towards a decrease in basket size in the churn group. Finally, using the Interquartile Range (IQR) method, merchants with extremely high or low values have been identified and these groups have been considered as a special segment. The IQR is an indicator that shows revenue rates in businesses.

For the count of count of daily transactions analysis, the average daily transaction count for the 1-month, 3-month, and 6-month periods has been examined. In this context, two different trend characteristics have been created: txn_trend_6m_3m and txn_trend_3m_1m. Negative trends observed in the number of transactions have been interpreted as indicators of high churn risk. The churn rates of merchants with low transaction volume have been analyzed. It has been also evaluated whether the decrease in activity constituted an early warning signal.

With the scope of the daily total payment volume analysis, merchants have been segmented into low, medium, and high TPV (Total Payment Volume) groups using volume-based segmentation. The churn rate has been calculated separately for each segment. The TPV change rate has been determined using the formula is given below:

$$TPV\ change\ rate = (tpv_3m - tpv_6m) / tpv_6m$$

This allowed for the assessment of growth or contraction in trading volume. Volatility has been assessed. The assessment revealed that merchants with high standard deviations in TPV and unstable trading volumes have been at higher churn risk.

As part of the net commission rate analysis, a pricing analysis has been conducted to assess changes over time in net commission rates paid by sellers. A competitive analysis has been then conducted, which revealed that high net commission rates increase seller costs and the risk of customer churn. The upward trend in net rates, in particular, triggers churn among price-sensitive merchants. Segment-based comparisons have been then conducted. The average net rate levels of different merchant types have been examined, and it has been determined that individual merchants generally have higher net rates and are more prone to churn.

Within the scope of the missing value analysis, the missing rate has been first calculated column-by-column; the number and percentage of missing values for each attribute have been determined. The function for this process is given below:

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

F=df[col].isnull().sum()

A missing pattern analysis has been conducted. This analysis examined whether missing values occurred randomly or systematically. For example, it has been observed that 6-month metrics have been naturally missing for newly added merchants. Finally, an imputation strategy has been proposed. In this context, it has been deemed appropriate to use median or mean imputation for numerical variables, and mode or the "Unknown" category for categorical variables.

A class imbalance analysis has been performed. First, the class distribution has been determined. In this context, the class numbers and percentages have been calculated for the "churn_label variable," and the imbalance ratio has been determined. For example, it has been observed that 85% of the participants did not churn and 15% did churn, resulting in an imbalance of 5.67:1. Various methods have been implemented to address this imbalance. First, synthetic samples have been generated for the churning class using the SMOTE. The SMOTE allows for the synthetic augmentation of minority class samples. Additionally, RobustScaler, a robust method against outliers, has been used for attribute scaling. Realistic samples have been generated using the KNN. Here, the minority class has been equated with the majority class by setting the "sampling_strategy" parameter to auto. Second, class weight balancing has been applied. In this context, the minority class has been given a higher weight using the "class_weight" parameter balanced, and the weight formula is given below:

*Weight = n_samples / (n_classes * n_samples_per_class)*

The stratified sampling method has been used. During the train-test split, the churn ratio has been maintained in each subset using the stratify=y parameter.

The values of the attributes and their correlations are presented in Table 2.

Table 2. The values of the attributes and their correlations

Attributes	Correlation
active_months_total	0.3677
unique_days_1_month	0.3587
unique_days_3_months	0.3221
unique_days_6_months	0.2873
success_rate_trend_3m_1m	0.2298
success_rate_3m	0.2121
success_rate_6m	0.1962
success_efficiency_1m	0.1693
basket_size_per_day_1m_is_outlier	0.1675
txn_per_day_1m_is_outlier	0.1515
merchant_age_days	0.1294
basket_size_per_day_1m	0.0954
merchant_risk_category	0.0854
success_rate_1m	0.0788
txn_per_day_3m	0.0750

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

When the correlation results have been examined, it has been seen that no attribute showed a high correlation of 0.7 or above. In this context, predicting customer churn based on a single attribute is a difficult option. It has been believed that the combined effect of the attributes would yield more successful results. The active_months_total attribute stood out as the indicator with the strongest correlation with the target variable.

5.2 Development of the Prediction Models

The dataset has been stratified into 80% training and 20% test. A 5-fold stratified CV has been applied to assess the generalizability of the model. The best hyperparameters have been found with GridSearchCV. Model hyperparameter values are given in Table 3.

Table 3. Model hyperparameter values

Method	Hyperparameter Value
RF	"n_estimators" [100, 200, 300] "max_depth": [10, 15, 20, None]
XGBoost	"n_estimators": [100, 200, 300] "max_depth": [10, 15, 20, None]
LightGBM	"learning_rate": [0.1] "n_estimators": [100]
LR	"penalty": [l2] "C": [1.0] "max_iter": [100]

RESULTS AND DISCUSSION

The performance of the model has been evaluated using the ROC-AUC, F1-Score, Accuracy, Precision, Recall, CV Score metric. The results obtained with the developed prediction models are presented in Table 4.

Table 4. The results obtained with the developed prediction models

Model	ROC-AUC	F1-Score	Accuracy	Precision	Recall	CV Score
XGBoost	0.8810	0.53	0.70	0.37	0.93	0.8783
RF	0.8645	0.49	0.68	0.35	0.89	0.8612
LightGBM	0.8598	0.48	0.67	0.34	0.87	0.8556
LR	0.7823	0.42	0.64	0.29	0.78	0.7795

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Based on the obtained results,

- The XGBoost algorithm demonstrated superior performance, emerging as the most effective method for predicting customer churn.
- The Recall value of 0.93 indicates that XGBoost successfully predicts 93% of potential churn members and has a high success rate in capturing at-risk customers.
- XGBoost's Sensitivity value of 0.37 indicates a high false positive rate.
- The F1 Score value of 0.53 indicates that the model neither produces completely error-free predictions nor is able to capture all positive examples, however, provides a moderate balance between both metrics.
- The RF method also performed similarly to XGBoost and successfully.

CONCLUSION

Payment and electronic money institutions have gained a significant place in the world thanks to today's evolving technology. These institutions enable easy money transfers in the digital world. Retaining customers provides these institutions with a competitive advantage. In this context, accurate customer churn prediction is essential. In this study, customer churn prediction models have been developed using RF, XGBoost, LightGBM, and LR. The results obtained from the developed prediction models have been evaluated using ROC-AUC, F1-Score, Accuracy, Precision, Recall, and CV Score metrics. When the results obtained are examined, it has been observed that XGBoost has a superior performance, and RF exhibit high performance that is closest to it.

REFERENCES

Amin, A., Adnan, A., & Anwar, S., An adaptive learning approach for customer churn prediction in the telecommunication industry using evolutionary computation and Naïve Bayes. Applied Soft Computing, vol: 137 (1), 110103, 2023.

Dias, J., Godinho, P., & Torres, P., Machine learning for customer churn prediction in retail banking. In International Conference on Computational Science and Its Applications, Cham: Springer International Publishing, pp. 576-589, 2020.

Imani, M., & Arabnia, H. R., Hyperparameter optimization and combined data sampling techniques in machine learning for customer churn prediction: a comparative analysis. Technologies, vol: 11(6), 167, 2023.

Jain, H., Yadav, G., & Manoov, R., Churn prediction and retention in banking, telecom and IT sectors using machine learning techniques. In Advances in Machine Learning and Computational Intelligence: Proceedings of ICMLCI 2019, Singapore: Springer Singapore, pp. 137-156, 2020.

Morozov, V., Mezentseva, O., Kolomiiets, A., & Proskurin, M., Predicting customer churn using machine learning in IT startups. In Lecture Notes in Computational Intelligence and

Decision Making: 2021 International Scientific Conference" Intellectual Systems of Decision-making and Problems of Computational Intelligence", Proceedings, Springer International Publishing, pp. 645-664, 2022.

Naidu, G., Zuva, T., & Sibanda, E. M., Churn Prediction in Telecoms Using a Random Forest Algorithm. In Proceedings of the Computational Methods in Systems and Software, Cham: Springer International Publishing, pp. 282-292, 2022.

Panimalar, S. A., & Krishnakumar, A., A review of churn prediction models using different machine learning and deep learning approaches in cloud environment. Journal of Current Science and Technology, vol: 13(1), pp. 136-161, 2023.

Shobana, J., Gangadhar, C., Arora, R. K., Renjith, P. N., Bamini, J., & devidas Chincholkar, Y., E-commerce customer churn prevention using machine learning-based business intelligence strategy. Measurement: Sensors, vol: 27(1), 100728, 2023.

Sudharsan, R., & Ganesh, E. N., A Swish RNN-based customer churn prediction for the telecom industry with a novel feature selection strategy. Connection Science, vol: 34(1), pp. 1855-1876, 2022.

Tran, H., Le, N., & Nguyen, V. H., Customer Churn Prediction in the Banking Sector Using Machine Learning-Based Classification Models. Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge & Management, vol: 18, pp. 87, 2023.

Zhang, J., Customer churn prediction based on a novelty hybrid random forest algorithm. In Third International Conference on Computer Vision and Data Mining (ICCVDM 2022) SPIE, vol: 12511, pp. 623-628, 2023.

Park, S., & Kim, J., Landslide susceptibility mapping based on random forest and boosted regression tree models, and a comparison of their performance. Applied Sciences, vol: 9(5), pp. 942, 2019.

G. Ke, Q. Meng, T. Finley, T. Wang, W. Chen, W. Ma and T. Liu, LightGBM: A Highly Efficient Gradient Boosting Decision Tree, NIPS, 2017.

Nguyen, P. T., Ha, D. H., Avand, M., Jaafari, A., Nguyen, H. D., Al-Ansari, N., ... & Pham, B. T., Soft computing ensemble models based on logistic regression for groundwater potential mapping. Applied Sciences, vol: 10(7), 2469, 2020.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

A MACHINE LEARNING-BASED FRAMEWORK FOR EARTHQUAKE ALERT LEVEL CLASSIFICATION USING SEISMIC AND GEOPHYSICAL FEATURES

Dr. Öğr. Üyesi Aynur SEVİNÇ
Department of Computer Programming, Silvan Vocational School, Dicle University
aynur.sevinc@dicle.edu.tr - 0000-0002-1388-2554

Dr. Öğr. Üyesi Yıldırım ÖZÜPAK
Department of Electricity and Energy, Silvan Vocational School, Dicle University
yildirim.ozupak@dicle.edu.tr - 0000-0001-8461-8702

Dr. Öğr. Üyesi Emrah ASLAN
Department of Computer Engineering, Mardin Artuklu University.
emrahaslan@artuklu.edu.tr - 0000-0002-0181-3658

Abstract

Earthquake prediction and hazard assessment have become increasingly dependent on data-driven approaches, particularly with the advancement of machine learning (ML) techniques. This study presents a comprehensive ML-based framework for analyzing 1,000 earthquake records collected between 2001 and 2023, incorporating seismic intensity indicators, geophysical attributes, and event metadata. Five ML algorithms—Logistic Regression, Random Forest, Support Vector Machine, Gradient Boosting, and XGBoost—were evaluated under three class-imbalance strategies: Baseline, ClassWeight, and SMOTE. Exploratory data analysis, including correlation mapping and magnitude distribution across continents, revealed meaningful relationships among seismic features and highlighted regional differences in tectonic activity. Experimental results show that SMOTE significantly improves model performance, yielding higher Macro-F1 scores and more stable cross-validation outcomes. Among the tested models, XGBoost and Random Forest demonstrated superior predictive capability under SMOTE, while Logistic Regression maintained consistently strong performance across all configurations. These findings underscore the importance of addressing class imbalance and selecting robust ensemble techniques to enhance earthquake alert-level classification. The proposed methodology contributes to the development of reliable ML-based seismic assessment tools, supporting improved decision-making in earthquake risk mitigation and early warning systems.

Keywords: Earthquake prediction, Machine learning, Class imbalance, Seismic hazard analysis

1. Introduction

Earthquakes remain one of the most destructive natural hazards, causing significant loss of life, economic disruption, and long-term social impact. With the increasing availability of high-resolution seismic records and advanced computational techniques, data-driven methods have become essential for improving earthquake analysis and risk mitigation. Machine learning (ML), in particular, offers powerful capabilities for identifying complex, nonlinear relationships

within seismic data that traditional statistical approaches often fail to capture. Recent studies have demonstrated the potential of ML in earthquake magnitude classification, intensity estimation, early warning systems, and damage prediction, highlighting the growing importance of intelligent data-analytic frameworks in seismology.

Kubo et al. reviewed ML advances in seismology, covering catalog building, seismicity and risk analysis, ground-motion prediction, and crustal deformation studies. They detailed ML methods for detection, picking, waveform search, mechanisms, and geodetic signal analysis, noting challenges like data imbalance [1]. Wang et al. built numerical models for 10,000 damaged RC columns and trained an RF model to predict collapse under subsequent quakes. Tested on PEER data, it achieved good accuracy (AUC 0.87, F1 0.76). SHAP explained key factors, and a GUI tool was developed for rapid post-earthquake assessment [2]. Song et al. developed an on-site EEW strategy using SVM-based models for magnitude (SVM-M) and PGV (SVM-PGV) prediction from early P-wave features. Applied to three M≥6.5 Japan quakes, the method achieved >95% successful alarms with near-zero false/missed alarms, effectively issuing rapid alert levels [3]. Nurtas et al. analyzed a century of global quake data and built ML models (KNN, SVM, RF, XGBoost) to predict M≥6 events using location and depth. After preprocessing and tuning, they optimized models via cross-validation to demonstrate a structured ML approach for seismic prediction [4]. Abdalzaher et al. surveyed IoT- and ML-based components of EEWSs, outlining IoT roles, linear/nonlinear ML models, seismology-focused evaluation metrics, a taxonomy of emerging IoT–ML efforts, a generic smart-city EEWS architecture, and ML uses for earthquake-parameter observation [5]. Abdalzaher et al. proposed a 2-second ML-based intensity estimator (2S-ML-EIOS) using linear and nonlinear models on INSTANCE data from 386 Italian stations. Trained on 50,000 events, the XGB-based model achieved 98.59% accuracy, enabling rapid IoT-linked EEW intensity alerts [6]. Noor reviewed 89 studies and global trends in ML for earthquake engineering, showing rapid growth since 2015. He found ML—especially DNNs, ensembles and SVMs—improves GMMs, prediction and SHM, while noting challenges like data limits and interpretability, and urging physics-informed, explainable models [7]. Moghadamnejad et al. reviewed 8644 studies on ML/DL for earthquake prediction and EEWS, ranking algorithms by popularity and accuracy. Top methods include regression, RF, XGBoost, PCA, K-means, ANN, LSTM and CNN. They highlight progress but note challenges in data quality, feature selection and interpretability [8]. Zhang et al. built a two-layer stacking ensemble (RF, ANN, CNN, XGBoost → SVM) to rapidly predict post-earthquake bridge-network functionality and resilience. Using Bayesian tuning and cross-validation, they achieved fast, accurate assessments on the Sioux-Falls network to support repair planning and resource allocation [9].

In this study, a comprehensive ML-based approach is developed to analyze earthquake events recorded between 2001 and 2023. The dataset includes a wide range of seismic, geophysical, and intensity-related features, enabling the construction of robust predictive models. Various ML algorithms—Logistic Regression, Random Forest, Support Vector Machine, Gradient Boosting, and XGBoost—are systematically evaluated under different class-imbalance strategies to determine their effectiveness in earthquake-related classification tasks. In addition, exploratory analyses such as correlation mapping and magnitude distribution across continents provide essential insights into the dataset's structure. This work aims to contribute to the

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

growing body of research focused on enhancing seismic prediction capabilities through machine learning. By comparing multiple algorithms and preprocessing techniques, the study seeks to identify the most reliable modeling strategies and provide a foundation for future earthquake forecasting and hazard assessment efforts.

2. Material and Method

This section outlines the data sources, preprocessing steps, and methodological framework used to develop and evaluate the machine learning models for earthquake analysis. It introduces the structure and characteristics of the earthquake dataset, including its key seismic and geospatial features, and describes the procedures applied to clean, transform, and prepare the data for modeling. Additionally, the section details the machine learning algorithms employed, the rationale behind their selection, and the strategies used to address class imbalance. Together, these components form the foundation for constructing reliable and accurate predictive models in the subsequent analyses.

2.1 Dataset

The earthquake dataset contains records from 1/1/2001 to 1/1/2023, comprising 782 events, while the extended analytical sample includes 1000 entries. It provides a rich set of seismic, geophysical, and instrumental parameters, including magnitude, intensity measures (CDI, MMI), alert levels, tsunami indicators, seismic significance, station metadata, and detailed geolocation attributes. Magnitudes range from 6.5 to 9.1, with an average of Mw = 6.94. The mean MMI is 6.03, and the mean CDI is 3.6. Approximately 33% of the events are tsunami-related, and 96% of the records originate from the “us” seismic network. Additional parameters such as event depth, station count, and azimuthal gap contribute to evaluating the reliability of earthquake location and intensity estimation. Overall, the dataset constitutes a high-dimensional and well-structured resource suitable for machine learning applications in seismic prediction, intensity estimation, and hazard analysis [10].

Table 1. Summary statistics of the earthquake dataset [10]

Parameter	**Min**	**Max**	**Mean**	**Std. Dev.**	**Description**
Magnitude	6.5	9.1	6.94	0.44	Earthquake magnitude
CDI	0	9	3.6	3.33	Community Determined Intensity
MMI	1	10	6.03	1.43	Instrumental intensity
Tsunami	0	1	0.33	0.47	Tsunami indicator
Sig	650	2910	848	302	Event significance score
nst	0	934	194	239	Number of seismic stations used

Figure 1 presents the correlation matrix of numerical variables in the dataset. The strongest positive correlations are observed between *sig* and *magnitude* (0.50), *sig* and *mmi* (0.50), and

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

sig and *cdi* (0.45), indicating that larger and more strongly felt earthquakes tend to have higher significance scores. A notable correlation between *cdi* and *mmi* (0.55) reflects the consistency between perceived and instrumental intensity measures. Most other variables show weak correlations, suggesting low multicollinearity and a diverse feature space suitable for machine learning modeling.

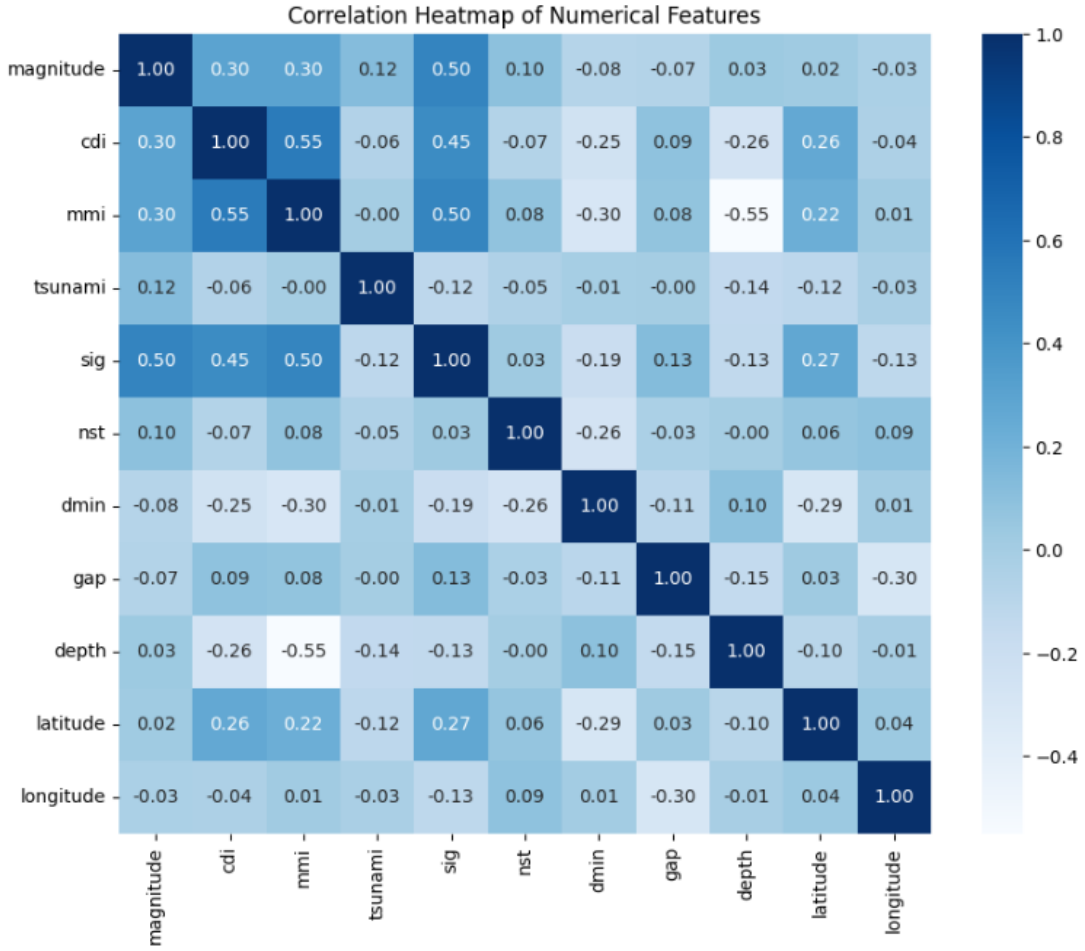


Figure 1. Correlation Heatmap of Numerical Features

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

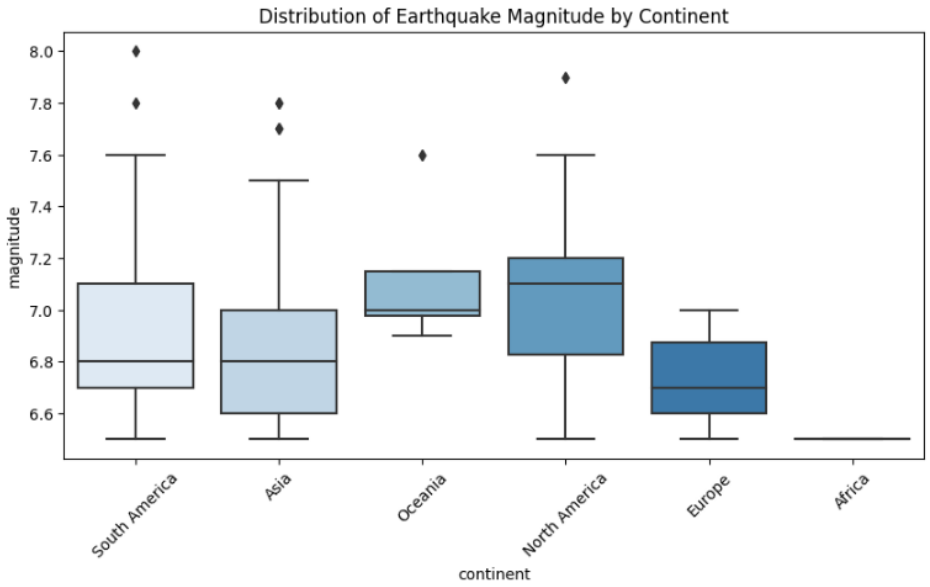


Figure 2. Distribution of Earthquake Magnitude by Continent

Figure 2 illustrates the distribution of earthquake magnitudes across different continents. The highest median magnitudes occur in *North America* and *Oceania*, reflecting stronger tectonic activity in these regions. *Europe* exhibits a lower median and narrower range, indicating fewer high-magnitude events. *Africa* shows minimal variability due to the limited number of recorded events. These differences align with the tectonic characteristics of major plate boundaries.

2.2 Machine Learning

Machine Learning (ML) comprises computational methods that learn patterns from data to make predictions or classifications without being explicitly programmed. In earthquake studies, ML models can analyze complex seismic parameters, detect hidden relationships, and provide accurate, data-driven forecasts for hazard assessment and early warning applications.

2.2.1 Logistic Regression

Logistic Regression is a statistical classification model that uses linear decision boundaries. It is efficient, interpretable, and suitable for binary or multiclass tasks such as predicting tsunami occurrence or classifying earthquake magnitude ranges. Its low computational cost makes it ideal for real-time applications.

2.2.2 XGBoost

XGBoost is a powerful ensemble method based on gradient boosting that sequentially improves tree models by minimizing errors. It excels with large, complex seismic datasets, handling missing values and nonlinear interactions effectively. Its optimized design provides high accuracy and speed for intensity, magnitude, or risk predictions.

2.2.3 Random Forest

Random Forest combines many decision trees to produce stable and robust predictions while reducing overfitting. It captures complex relationships within seismic parameters such as

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

magnitude, significance, and tsunami indicators. Its built-in feature importance improves interpretability, making it valuable for earthquake analysis.

2.2.4 Support Vector Machine

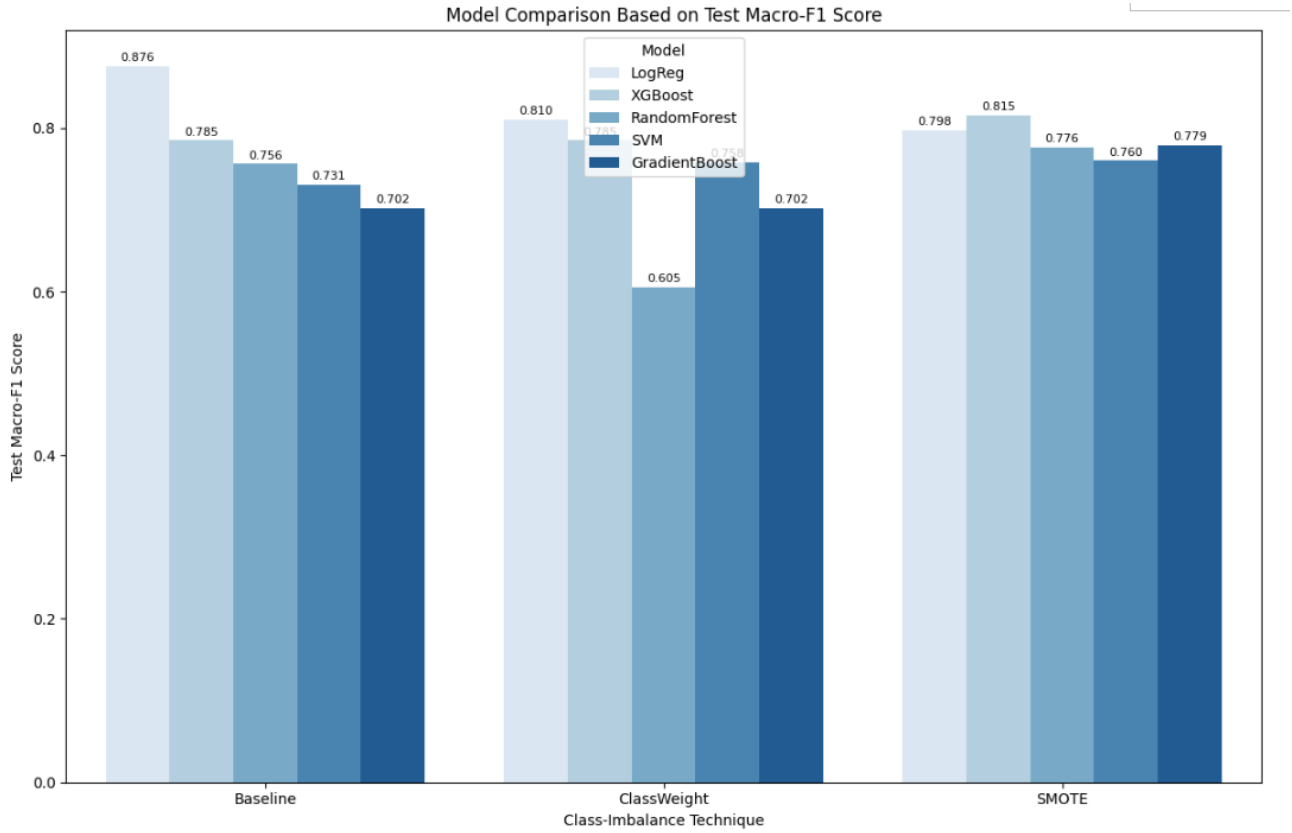
SVM separates data using an optimal hyperplane and employs kernels to model nonlinear patterns. It performs well in high-dimensional seismic feature spaces, enabling accurate magnitude classification, intensity estimation, and risk prediction. Its strong generalization ability makes it suitable for complex earthquake datasets.

2.2.5 Gradient Boosting (GB)

Gradient Boosting builds predictive models by iteratively correcting the errors of weak learners. It effectively captures subtle dependencies between seismic attributes and provides strong performance in both regression and classification tasks, including intensity, tsunami likelihood, and magnitude prediction.

3. Experimental Results

This section presents the experimental results obtained from evaluating multiple machine learning models on the earthquake dataset. The analysis focuses on model performance under different class-imbalance handling techniques and includes a comparative assessment based on key evaluation metrics, particularly the Macro-F1 score. Visualizations such as correlation heatmaps, magnitude distributions, and model comparison graphs are used to support the interpretation of findings. Overall, this section aims to provide a comprehensive understanding of how various algorithms respond to the dataset's characteristics and to identify the most effective approaches for earthquake-related prediction tasks.



ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Figure 3. Model comparison based on test Macro-F1 Score

Figure 3 compares the performance of five machine learning models—Logistic Regression, XGBoost, Random Forest, SVM, and Gradient Boosting—under three class-imbalance handling strategies: Baseline, ClassWeight, and SMOTE. Logistic Regression consistently achieves the highest Macro-F1 score across all settings, indicating strong stability and generalization even without resampling. XGBoost and Gradient Boosting perform competitively, particularly under SMOTE, where both models show improved balance across classes. In contrast, Random Forest suffers a noticeable drop under ClassWeight, suggesting sensitivity to weight adjustments. Overall, SMOTE enhances performance for most models, while ClassWeight yields mixed results. These findings highlight the importance of selecting appropriate imbalance strategies to optimize earthquake-related classification tasks.

Table 2 presents the test accuracy and macro F1 scores obtained for different class imbalance techniques and machine learning models.

Table 2: Test results of different class ımbalance techniques and ml models

Technique	Model	Test Accuracy	Test Macro-F1	CV Macro-F1 Mean	CV Macro-F1 Std
Baseline	LogReg	0.912	0.876	0.664	0.076
Baseline	XGBoost	0.876	0.785	0.674	0.078
Baseline	RandomForest	0.867	0.756	0.569	0.106
Baseline	SVM	0.850	0.731	0.550	0.113
Baseline	GradientBoost	0.858	0.702	0.647	0.088
ClassWeight	LogReg	0.858	0.810	0.666	0.087
ClassWeight	RandomForest	0.832	0.605	0.615	0.089
ClassWeight	XGBoost	0.876	0.785	0.674	0.078
ClassWeight	SVM	0.858	0.758	0.583	0.119
ClassWeight	GradientBoost	0.858	0.702	0.647	0.088
SMOTE	LogReg	0.876	0.798	0.677	0.095
SMOTE	RandomForest	0.903	0.776	0.668	0.077
SMOTE	XGBoost	0.894	0.815	0.681	0.081
SMOTE	SVM	0.876	0.760	0.644	0.094
SMOTE	GradientBoost	0.894	0.779	0.632	0.096

The results indicate that class imbalance techniques significantly affect model performance. In particular, the use of SMOTE (Synthetic Minority Over-sampling Technique) led to notable improvements in both the test set and cross-validation results. This finding highlights the critical role of addressing class distribution imbalances in achieving reliable classification performance. When comparing models, XGBoost and RandomForest classifiers achieved the highest Test Macro-F1 scores under the SMOTE scenario (0.815 and 0.776, respectively). These results demonstrate that tree-based ensemble methods possess strong learning capabilities for classifying earthquake alert levels. Meanwhile, the Logistic Regression model exhibited consistently high performance across all techniques, with a notable increase in macro F1 scores when class weighting (ClassWeight) was applied. SVM and Gradient Boosting models, although competitive in some scenarios, showed lower Test F1 scores under the ClassWeight approach compared to other models. This suggests that the structure of the dataset and class imbalance can induce greater performance variability for these models. Examining the cross-validation standard deviations (CV_F1_STD) reveals that models trained with SMOTE generally exhibit more stable results. This indicates that augmenting the dataset with SMOTE enhances the models' generalization ability against variations in training and test subsets. Dddressing class imbalance is a crucial step for improving model accuracy and especially the macro F1 score in earthquake alert level classification. The combination of ensemble tree methods (RandomForest, XGBoost) with SMOTE emerges as the most effective solution for this task.

5. Conclusion

This study presents a comprehensive machine learning framework for classifying earthquake alert levels using a diverse dataset spanning 2001–2023. By evaluating five widely used ML models under different class-imbalance strategies, the research demonstrates the critical impact of preprocessing choices on predictive performance. Experimental results show that SMOTE significantly enhances model stability and improves Macro-F1 scores across most algorithms. Among the tested models, XGBoost and Random Forest achieved the highest performance under SMOTE, while Logistic Regression displayed consistent reliability across all scenarios. The findings highlight the strength of ensemble tree-based approaches in capturing complex seismic patterns and the necessity of addressing dataset imbalance to ensure robust hazard classification. Overall, this work contributes valuable insights into the development of accurate, data-driven seismic assessment tools and provides a strong foundation for future advancements in earthquake forecasting, early warning systems, and risk mitigation strategies.

References

[1] H. Kubo, M. Naoi, and M. Kano, "Recent advances in earthquake seismology using machine learning," *Earth, Planets and Space 2024 76:1*, vol. 76, no. 1, pp. 36-, Feb. 2024, doi: 10.1186/S40623-024-01982-0.

[2] W. Wang, L. Li, and Z. Qu, "Machine learning-based collapse prediction for post-earthquake damaged RC columns under subsequent earthquakes," *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, vol. 172, p. 108036, Sep. 2023, doi: 10.1016/J.SOILDYN.2023.108036.

[3] J. Song, J. Zhu, Y. Wang, and S. Li, "On-site alert-level earthquake early warning using machine-learning-based prediction equations," *Geophys J Int*, vol. 231, no. 2, pp. 786–800, Aug. 2022, doi: 10.1093/GJI/GGAC220.

[4] M. Nurtas *et al.*, "Predicting the Likelihood of an Earthquake by Leveraging Volumetric Statistical Data Through Machine Learning Techniques," *Engineered Science*, vol. 26, Dec. 2023, doi: 10.30919/ES1031.

[5] M. S. Abdalzaher, H. A. Elsayed, M. M. Fouda, and M. M. Salim, "Employing Machine Learning and IoT for Earthquake Early Warning System in Smart Cities," *Energies 2023, Vol. 16, Page 495*, vol. 16, no. 1, p. 495, Jan. 2023, doi: 10.3390/EN16010495.

[6] M. S. Abdalzaher, M. S. Soliman, and S. M. El-Hady, "Seismic Intensity Estimation for Earthquake Early Warning Using Optimized Machine Learning Model," *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 61, 2023, doi: 10.1109/TGRS.2023.3296520.

[7] U. A. Noor, * Umar, A. Noor, and U. A. Noor, "Machine Learning Innovations in Revolutionizing Earthquake Engineering: A Review," *Archives of Computational Methods in Engineering 2025*, pp. 1–57, Jul. 2025, doi: 10.1007/S11831-025-10320-W.

[8] A. Moghadamnejad, M. A. Moghaddasi, M. Hamidia, R. K. Mohammadi, and M. Zare, "Ranking Earthquake Prediction Algorithms: A Comprehensive Review of Machine Learning and Deep Learning Methods," *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, vol. 200, p. 109740, Jan. 2026, doi: 10.1016/J.SOILDYN.2025.109740.

[9] W. Zhang, J. Wen, H. Dong, Q. Han, and X. Du, "Post-earthquake functionality and resilience prediction of bridge networks based on data-driven machine learning method," *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, vol. 190, p. 109127, Mar. 2025, doi: 10.1016/J.SOILDYN.2024.109127.

[10] "Earthquake dataset." Accessed: Nov. 14, 2025. [Online]. Available: https://www.kaggle.com/datasets/warcoder/earthquake-dataset/data

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

CLASSIFICATION OF EARTHQUAKE ALERT LEVELS USING MACHINE LEARNING AND DEEP LEARNING MODELS

Dr. Öğr. Üyesi Aynur SEVİNÇ

Department of Computer Programming, Silvan Vocational School, Dicle University

aynur.sevinc@dicle.edu.tr - 0000-0002-1388-2554

Dr. Öğr. Üyesi Yıldırım ÖZÜPAK

Department of Electricity and Energy, Silvan Vocational School, Dicle University

yildirim.ozupak@dicle.edu.tr - 0000-0001-8461-8702

Dr. Öğr. Üyesi Emrah ASLAN

Department of Computer Engineering, Mardin Artuklu University.

emrahaslan@artuklu.edu.tr - 0000-0002-0181-3658

Abstract

This study investigates the performance of machine learning and deep learning models for classifying earthquake alert levels using a comprehensive dataset of 1000 seismic events recorded between 2001 and 2023. The dataset includes high-dimensional seismic and geophysical features such as magnitude, depth, MMI, CDI, tsunami indicators, station metadata, and additional reliability measures. The methodology involves data preprocessing, feature engineering, and addressing class imbalance through the SMOTE technique. Various traditional ML models as well as neural architectures including MLP, CNN, and a TabTransformer-based model were developed and compared. The proposed TabTransformer model, designed to capture complex interactions between categorical and numerical features, achieved the highest performance with an accuracy of 93%. Results indicate that high-alert categories (red, orange) are predicted with high precision and recall, demonstrating the model's potential for practical use in early warning systems and seismic hazard assessment. Overall, this research highlights the effectiveness of advanced machine learning techniques in earthquake alert-level prediction and contributes valuable insights for improving future forecasting and risk mitigation frameworks.

Keywords: Earthquake, Deep Learning, Early Warning Systems, Seismic Classification, Earthquake Alert Level

1. Introduction

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Earthquakes are among the most devastating natural hazards, causing widespread damage, economic disruption, and significant loss of life. As global seismic activity continues to pose severe risks, the need for reliable and timely prediction and classification systems has become increasingly critical. Advances in data collection technologies and the availability of detailed seismic records have enabled the development of data-driven approaches aimed at improving situational awareness and supporting disaster preparedness. In this context, machine learning (ML) has emerged as a powerful tool capable of uncovering complex, nonlinear relationships within large-scale seismic datasets that traditional analytical methods cannot fully capture.

Recent studies demonstrate the growing role of ML in seismic applications, including earthquake magnitude estimation, early warning systems, structural damage prediction, and hazard classification. By leveraging diverse seismic features such as intensity measures, depth, magnitude, station information, and geospatial attributes ML models offer the potential to enhance prediction accuracy and support rapid decision-making during earthquake events.

Abdul Salam et al. developed two hybrid earthquake-magnitude prediction models (FPA-ELM, FPA-LS-SVM), computed seven seismic indicators, trained and evaluated the models using RMSE, MAE, SMAPE, and PMRE, and showed that FPA-LS-SVM achieved the highest prediction accuracy [1]. Gürsoy et al. compiled studies using ML and DL for earthquake research, covering magnitude estimation, signal discrimination, ionospheric electron density, and radon anomalies, highlighting that DL is increasingly preferred and expected to yield better results with larger datasets [2]. Joshi et al. developed SeisEML, an ensemble ML model for predicting PGA using hybrid, kernel-based, tree, and regression algorithms. They trained on Kyoshin data, outperformed GMPEs in MAE/RMSE, produced iso-acceleration maps, and showed strong cross-region performance for seismic hazard mapping [3]. Mousavi et al. reviewed ML in seismology, outlining advances enabling better monitoring, richer catalogs, and exploratory unsupervised analysis. They highlighted broad ML success across tasks and emphasized the need for open benchmarks to sustain progress [4]. K C et al. used data from 549,251 buildings affected by the 2015 Gorkha earthquake to test ML models (DT, RF, XGBoost, logistic regression) for predicting damage grade and rehabilitation needs. XGBoost performed best and highlighted key building features driving damage and intervention outcomes [5].

Ommi et al. tested ANN, RF, and SVM on nine seismic parameters from the north Zagros catalogue to predict large earthquakes one month ahead, evaluated with recall/accuracy/precision/F1, and found ANN most accurate, indicating short-term prediction potential for crisis management [6]. Pyakurel et al. evaluated five ML models (LR, RF, XGB, SVM, ET) using Gorkha 2015 landslide data. They identified key factors via SHAP and found ET achieved highest accuracy and AUC, showing ensemble methods best predict earthquake-induced landslide susceptibility [7]. Wang et al. used RF and LSTM models to test whether small earthquakes can predict large ones within a year. RF best classified future large events, while LSTM estimated maximum magnitude. They showed small quakes carry predictive information, highlighting ML’s promise for improving earthquake forecasting [8]. Zhang et al. created an ML-based real-time damage prediction framework for EEW, using P-wave parameters to predict structural MIDR. Using simulations of 32 building types, they optimized

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

inputs and achieved >96% accuracy, showing reliable, interpretable, and effective early-warning performance [9]. Johnson et al. organized a global Kaggle competition using lab earthquake data to predict time-to-failure. Over 4,500 teams produced innovative ML approaches, revealing useful strategies and insights into fault processes and showcasing crowdsourced ML as a powerful scientific and educational tool [10].

This study aims to contribute to this evolving field by developing and evaluating multiple ML and deep learning models for classifying earthquake alert levels based on an extensive dataset spanning 2001–2023. Through a combination of exploratory data analysis, class-imbalance strategies, and comprehensive performance comparisons, the research seeks to identify the most effective modeling techniques for accurate and robust seismic alert classification. The insights gained from this work provide a valuable foundation for future improvements in earthquake forecasting and risk mitigation systems.

2. Material and Method

This section describes the data, preprocessing procedures, and modeling techniques used to develop and evaluate machine learning approaches for earthquake alert-level classification. It outlines the structure and characteristics of the earthquake dataset, including seismic intensity indicators, geophysical attributes, and spatial information. The methodological framework covers data cleaning, feature engineering, handling class imbalance, and preparing the dataset for both traditional ML models and neural network architectures. Furthermore, the section details the selection and configuration of machine learning algorithms, along with the evaluation metrics employed to assess their performance. Together, these components establish a systematic and reproducible foundation for analyzing seismic patterns and building accurate predictive models.

2.1 Dataset

The earthquake dataset contains records from 1/1/2001 to 1/1/2023, comprising 782 events, while the extended analytical sample includes 1000 entries. It provides a rich set of seismic, geophysical, and instrumental parameters, including magnitude, intensity measures (CDI, MMI), alert levels, tsunami indicators, seismic significance, station metadata, and detailed geolocation attributes. Magnitudes range from 6.5 to 9.1, with an average of Mw = 6.94. The mean MMI is 6.03, and the mean CDI is 3.6. Approximately 33% of the events are tsunami-related, and 96% of the records originate from the “us” seismic network. Additional parameters such as event depth, station count, and azimuthal gap contribute to evaluating the reliability of earthquake location and intensity estimation. Overall, the dataset constitutes a high-dimensional and well-structured resource suitable for machine learning applications in seismic prediction, intensity estimation, and hazard analysis [11].

Table 1. Summary statistics of the earthquake dataset [11]

Parameter	Min	Max	Mean	Std. Dev.	Description
Magnitude	6.5	9.1	6.94	0.44	Earthquake magnitude

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

CDI	0	9	3.6	3.33	Community Determined Intensity
MMI	1	10	6.03	1.43	Instrumental intensity
Tsunami	0	1	0.33	0.47	Tsunami indicator
Sig	650	2910	848	302	Event significance score
nst	0	934	194	239	Number of seismic stations used

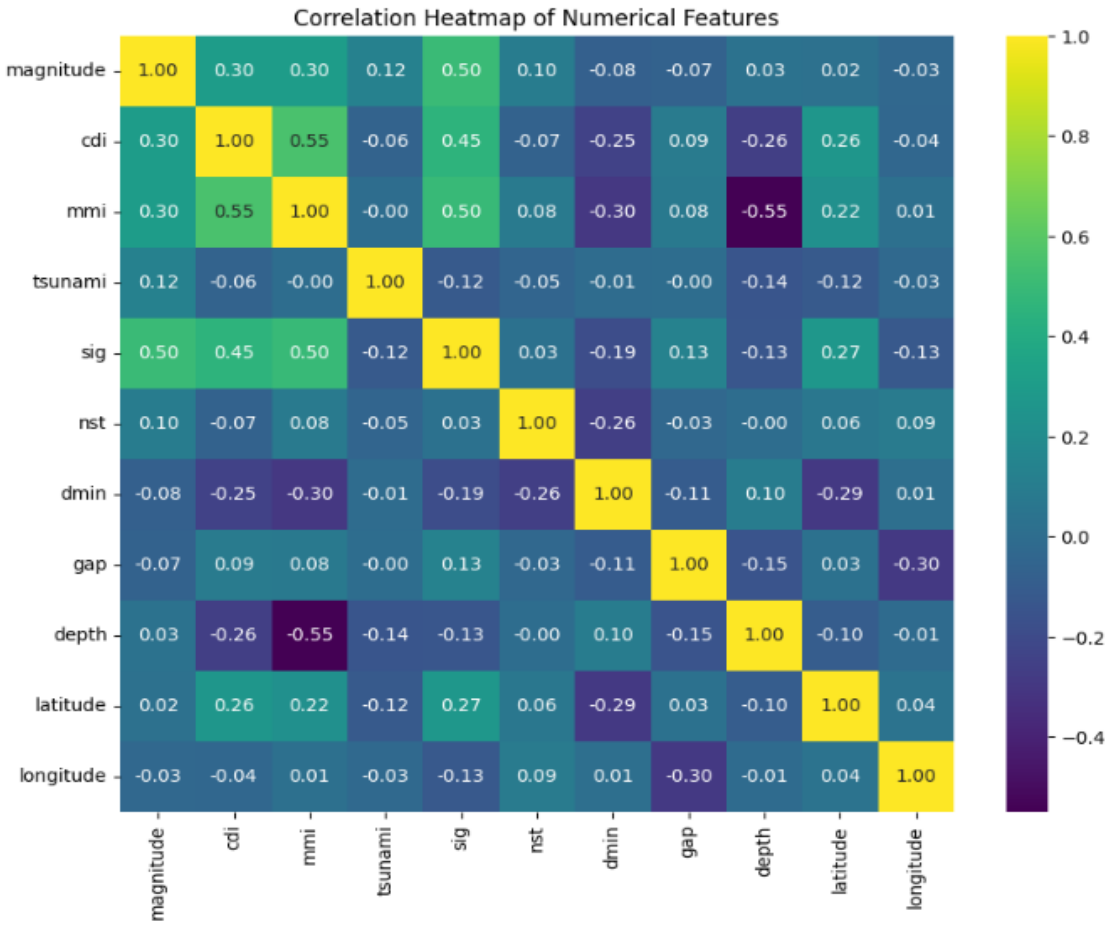


Figure 1. Correlation Matrix

Figure 1 shows the correlation matrix. This correlation matrix shows the linear relationships between numerical characteristics in the earthquake dataset. Examining the matrix reveals a positive correlation (0.50) between magnitude and sig, meaning that larger earthquakes generally have higher sig values. Similarly, there is a strong positive relationship (0.55) between MMI and CDI, indicating that different measures of earthquake impact are interrelated. Negative correlations (-0.55 and -0.26) were observed between depth and MMI and CDI, meaning that deeper earthquakes reduce surface intensity indicators. Other features generally show low correlations, indicating that many variables are relatively independent of each other and that multicollinearity may be limited during modeling.

2.2 Multilayer Perceptron (MLP)

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

The Multilayer Perceptron is a feed-forward neural network capable of learning nonlinear relationships through its multiple hidden layers. By capturing complex patterns in seismic features, MLP performs effectively in tasks such as earthquake magnitude classification and alert-level prediction. Its flexible architecture allows strong performance on both small and large datasets.

2.3 SMOTE (Synthetic Minority Oversampling Technique)

SMOTE is an oversampling method designed to address class imbalance by generating synthetic samples for minority classes. It creates new data points by interpolating between neighboring minority samples, enabling models to better learn rare patterns. This leads to improved classification performance and more balanced predictive behavior across all classes.

2.4 Convolutional Neural Network (CNN)

CNNs extract hierarchical features from structured data using convolutional filters. They are highly effective in recognizing patterns in seismic waveforms, intensity maps, and temporal–spatial signals. By automatically learning key representations and reducing noise sensitivity, CNNs provide strong accuracy in earthquake prediction and seismic classification tasks.

2.5 Proposed Model

In this study, earthquake alert level classification was performed using a TabTransformer-based neural network. The TabTransformer model is specifically designed to handle tabular data by combining categorical embeddings with a transformer-based attention mechanism. Each categorical feature is mapped to a learnable embedding vector, which is then processed through a multi-head self-attention transformer. This allows the model to capture complex inter-feature relationships and interactions between categorical variables that are often overlooked by traditional tabular models.

The transformer outputs are concatenated with standardized numeric features and passed through a fully connected Multi-Layer Perceptron (MLP) head to perform the final classification into alert levels. The model is trained end-to-end using cross-entropy loss, and optimization is performed with the Adam optimizer. Compared to classical machine learning approaches, the TabTransformer model is capable of automatically learning feature interactions and nonlinear relationships in mixed-type tabular data, resulting in improved classification performance, particularly in datasets with imbalanced classes, which in this study were further balanced using SMOTE (Synthetic Minority Over-sampling Technique). The final implementation is fully compatible with both CPU and GPU environments, enabling efficient training and evaluation. During training, both train and test loss and accuracy metrics were monitored across epochs to assess convergence and generalization performance.

3. Experimental Results

This section presents the experimental results obtained from applying various machine learning and deep learning models to the earthquake dataset. The goal is to evaluate model performance in classifying earthquake alert levels using seismic, geophysical, and intensity-based features. Multiple class-imbalance handling strategies were applied to assess their impact on predictive

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

accuracy and stability. The results include comprehensive performance metrics, visual comparisons of model behavior, and learning curves that illustrate convergence and generalization trends. Through these analyses, this section provides insights into the strengths and limitations of each modeling approach and identifies the most effective techniques for reliable earthquake alert-level prediction.

Table 2 presents the classification performance of the selected machine learning model across four alert-level classes: *Green*, *Orange*, *Red*, and *Yellow*. The results indicate strong overall performance with an accuracy of 0.93 and balanced macro and weighted F1-scores of 0.93, demonstrating consistent predictive ability across classes. The *Red* class shows the highest F1-score (0.97) and near-perfect recall (0.99), indicating the model excels at correctly identifying high-risk events—a critical requirement for seismic alert systems. The *Orange* class also performs strongly with an F1-score of 0.95, reflecting stable detection of moderate-alert cases. The *Green* and *Yellow* classes display slightly lower performance, particularly in recall for *Green* (0.86) and precision for *Yellow* (0.86). This suggests occasional misclassification between low to medium alert levels, which is expected due to their overlapping seismic characteristics. The model demonstrates high reliability, especially for critical high-alert classifications, making it suitable for practical earthquake alert-level prediction and early warning applications.

Table 2: Classification report for earthquake alert levels

Class	**Precision**	**Recall**	**F1-Score**	**Support**
Green	0.97	0.86	0.91	71
Orange	0.96	0.94	0.95	70
Red	0.96	0.99	0.97	71
Yellow	0.86	0.94	0.90	71
Accuracy	-	-	**0.93**	283
Macro Avg	0.94	0.93	0.93	283
Weighted Avg	0.94	0.93	0.93	283

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

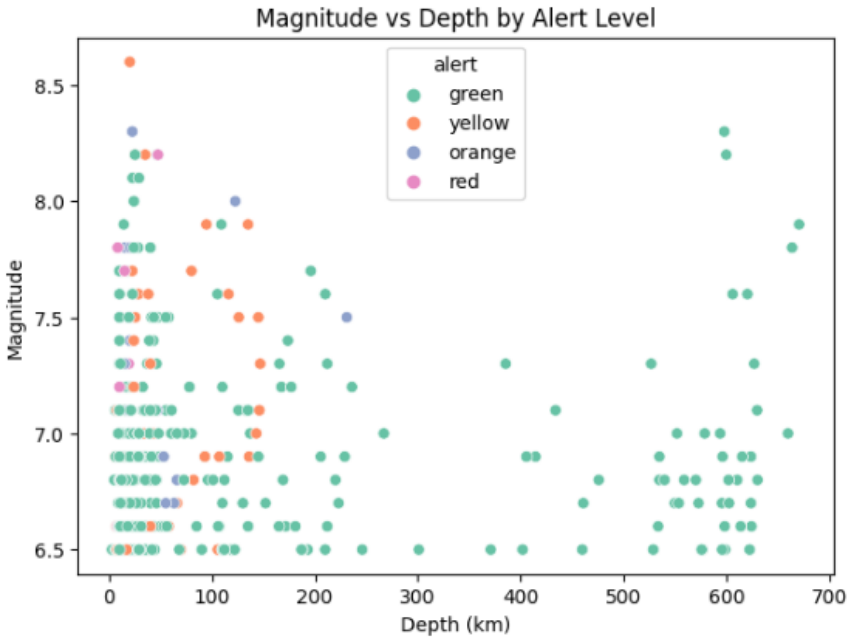


Figure 2. Magnitude vs. depth by alert level

Figure 2 illustrates the relationship between earthquake magnitude and depth across different alert levels (*green*, *yellow*, *orange*, and *red*). Most earthquakes associated with higher alert levels—*orange* and *red*—occur at shallow depths (0–70 km), reflecting the well-known phenomenon that shallow earthquakes tend to produce stronger ground shaking and higher impact potential. These events also cluster around moderate to high magnitudes (7.0–8.5), consistent with elevated alert classifications. In contrast, deeper earthquakes (300–700 km) are almost exclusively labeled as *green*, indicating significantly lower hazard levels despite moderate magnitudes. This aligns with seismic theory, as deep-focus events generally cause less surface damage. The scatter pattern highlights two key insights:

- Shallow, high-magnitude events are more likely to trigger *yellow*, *orange*, or *red* alerts.
- Deep events, regardless of magnitude, tend to fall into the *green* category due to reduced surface impact.

The figure demonstrates that depth plays a critical role in the alert-level classification, reinforcing the importance of incorporating both magnitude and depth into machine learning–based seismic hazard models.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

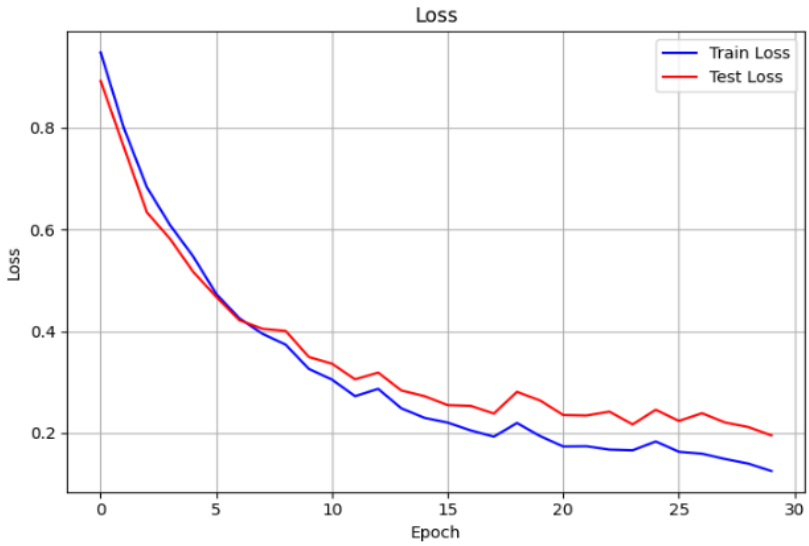


Figure 3. Training and testing loss over epochs

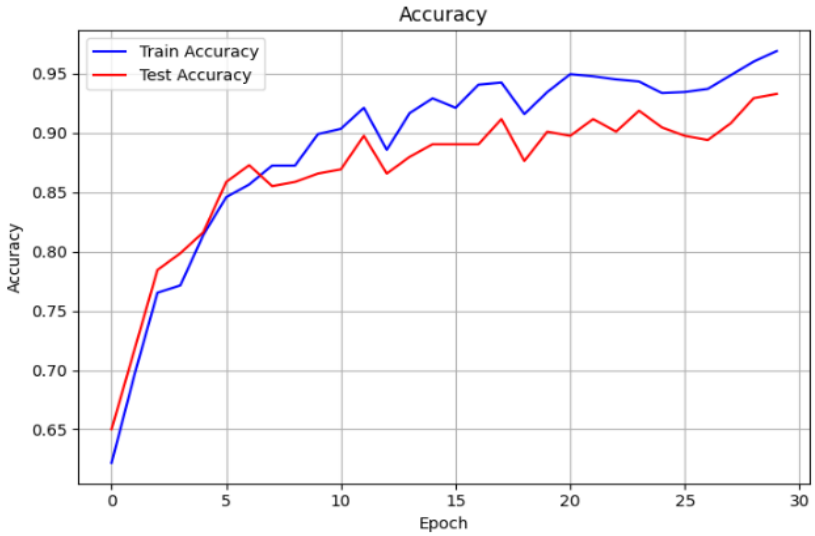


Figure 4. Training and testing accuracy over epochs

Figure 3 shows the training and testing loss curves of the neural network over 30 epochs. Both curves exhibit a steady decrease, indicating that the model successfully learns meaningful patterns from the data. The training loss consistently remains slightly lower than the test loss, which is expected and reflects a healthy learning process. The small gap between the curves suggests that the model generalizes well and does not suffer from significant overfitting. After around 15 epochs, the loss values stabilize, implying convergence. Overall, the loss behavior indicates an effective training process with good model stability.

Figure 4 presents the accuracy progression of the model during training and testing. Both accuracy curves increase rapidly in the early epochs, showing that the network quickly captures essential seismic patterns. Training accuracy continues to improve steadily, reaching above 0.95, while test accuracy stabilizes around 0.90–0.93. The small gap between train and test accuracy indicates strong generalization performance. Minor fluctuations in the test curve are

normal and reflect data variability. By the final epochs, the model maintains high, stable accuracy, demonstrating its robustness in earthquake alert-level prediction.

6. Conclusion

This study demonstrates the effectiveness of machine learning and deep learning techniques in classifying earthquake alert levels using a comprehensive set of seismic and geophysical features. By evaluating traditional ML models alongside advanced neural architectures, particularly the TabTransformer-based approach, the research highlights the importance of capturing complex feature interactions in tabular seismic data. The proposed model achieved a high overall accuracy of 93%, with especially strong performance in predicting critical high-alert categories, indicating its suitability for real-time seismic monitoring and early warning applications. The analysis also confirms the significant roles of earthquake magnitude and depth in determining alert levels, aligning with established seismic behavior. The successful use of SMOTE to address class imbalance further improved model robustness and reliability across all alert categories. The learning curves showed stable convergence without notable overfitting, reinforcing the model's generalization capacity. The findings provide a solid foundation for integrating advanced machine learning models into operational earthquake early warning systems. Future research may explore the integration of real-time waveform data, expansion of the dataset, and deployment of hybrid models to further enhance prediction accuracy and support more effective disaster preparedness and risk mitigation efforts.

References

[1] M. A. Salam, L. Ibrahim, and D. S. Abdelminaam, "Earthquake Prediction using Hybrid Machine Learning Techniques," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 12, no. 5, pp. 654–665, May 2021, doi: 10.14569/IJACSA.2021.0120578.

[2] G. Gursoy, A. Varol, and A. Nasab, "Importance of Machine Learning and Deep Learning Algorithms in Earthquake Prediction: A Review," *ISDFS 2023 - 11th International Symposium on Digital Forensics and Security*, 2023, doi: 10.1109/ISDFS58141.2023.10131766.

[3] A. Joshi, B. Raman, C. K. Mohan, and L. R. Cenkeramaddi, "Application of a new machine learning model to improve earthquake ground motion predictions," *Natural Hazards 2023 120:1*, vol. 120, no. 1, pp. 729–753, Oct. 2023, doi: 10.1007/S11069-023-06230-4.

[4] S. M. Mousavi and G. C. Beroza, "Machine Learning in Earthquake Seismology," *Annu Rev Earth Planet Sci*, vol. 51, no. Volume 51, 2023, pp. 105–129, May 2023, doi: 10.1146/ANNUREV-EARTH-071822-100323/CITE/REFWORKS.

[5] S. K C, A. Bhusal, D. Gautam, and R. Rupakhety, "Earthquake damage and rehabilitation intervention prediction using machine learning," *Eng Fail Anal*, vol. 144, p. 106949, Feb. 2023, doi: 10.1016/J.ENGFAILANAL.2022.106949.

[6] S. Ommi and M. Hashemi, "Machine learning technique in the north zagros earthquake prediction," *Applied Computing and Geosciences*, vol. 22, p. 100163, Jun. 2024, doi: 10.1016/J.ACAGS.2024.100163.

[7] A. Pyakurel, B. K. Dahal, and D. Gautam, "Does machine learning adequately predict earthquake induced landslides?," *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, vol. 171, p. 107994, Aug. 2023, doi: 10.1016/J.SOILDYN.2023.107994.

[8] X. Wang *et al.*, "Small Earthquakes Can Help Predict Large Earthquakes: A Machine Learning Perspective," *Applied Sciences 2023, Vol. 13, Page 6424*, vol. 13, no. 11, p. 6424, May 2023, doi: 10.3390/APP13116424.

[9] H. Zhang, D. Yu, G. Li, and Z. Dong, "A real-time seismic damage prediction framework based on machine learning for earthquake early warning," *Earthq Eng Struct Dyn*, vol. 53, no. 2, pp. 593–621, Feb. 2024, doi: 10.1002/EQE.4029;PAGEGROUP:STRING:PUBLICATION.

[10] P. A. Johnson *et al.*, "Laboratory earthquake forecasting: A machine learning competition," *Proc Natl Acad Sci U S A*, vol. 118, no. 5, p. e2011362118, Feb. 2021, doi: 10.1073/PNAS.2011362118;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER.

[11] "Earthquake dataset." Accessed: Nov. 14, 2025. [Online]. Available: https://www.kaggle.com/datasets/warcoder/earthquake-dataset/data

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

A STUDY ON CRITERIA WEIGHTING AND APPLICATION FOR PERSONNEL SELECTION IN A PUBLIC INSTITUTION USING THE SWARA METHOD

Servet SOYGÜDER
Ankara Yildirim Beyazit University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, servetsoyguder@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-8191-6891
Ezgi KARATAŞ
Ankara Yildirim Beyazit University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, aldemir.eezgi@gmail.com, ORCID ID: 0009-0003-6116-6418

ABSTRACT

This study proposes the application of the SWARA (Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis) method to determine the relative importance of the criteria used to evaluate candidates in the personnel selection process conducted in a public institution. In the institution's current practice, candidate rankings are based solely on numerical scores, and expert opinions are not sufficiently taken into account. This limitation makes it particularly difficult to objectively compare highly qualified candidates. In the study, measurable criteria belonging to the G2 service group, which represents engineering positions, were evaluated by experts according to their importance ranking, and the SWARA method was applied step by step to obtain the criteria weights. The resulting weights provide a basis for decision-making models that can be used in personnel selection. The findings show that the SWARA method offers a practical and transparent tool that can support human resources decisions in public institutions by systematically quantifying expert judgments.

Keywords: SWARA, Multi-Criteria Decision-Making, Personnel Selection, Criteria Weighting

1. INTRODUCTION

One of the most critical factors in maintaining the competitive strength of organizations is the effective placement of human resources into the right positions. The selection of qualified personnel directly affects not only organizational performance but also service quality, cost efficiency, and institutional sustainability. For this reason, the personnel selection process needs to be distanced from intuitive judgments and transformed into a more systematic, measurable, and multidimensional structure. The literature emphasizes that personnel selection is, by its very nature, a multi-criteria decision-making problem, and notes that evaluating alternatives simultaneously across multiple qualitative and quantitative criteria poses a significant challenge for decision-makers (Demirci, 2022; Sarıkaya, 2019; Ersoy Ersoy, 2024).

Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) methods are widely preferred, particularly in solving uncertain and complex selection problems where qualitative and quantitative variables coexist. When candidates must be evaluated across different dimensions—such as technical knowledge, experience, behavioral competencies, communication skills, and teamwork ability—classical methods alone may prove insufficient; therefore, mathematically grounded MCDM approaches are noted to produce more reliable results

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

(Elmas, 2022; Esen, Yiğit Güldan, 2019). The use of these methods has demonstrated effective outcomes not only in businesses but also in various contexts such as educational institutions, healthcare organizations, and academic environments.

In recent years, one of the prominent methods in the literature has been SWARA. Allowing for the systematic prioritization of expert judgments, SWARA offers a flexible and straightforward approach that enables decision-makers to express the relative importance of criteria within a logical and consistent framework. This method has been effectively used in criteria-weighting processes across various fields such as aviation, logistics, services, academia, and healthcare (Esen et al., 2019; Ersoy Ersoy, 2024).

It has been shown that SWARA is also used in academic settings—together with similar MCDM techniques—in processes such as assessing research productivity, evaluating publication performance, and identifying qualified academic staff, and that it yields effective results (Sarıkaya, 2019). Studies conducted in the fields of logistics and engineering indicate that SWARA is preferred because it translates decision-makers' intuitive evaluations into a mathematical structure and enables more precise reflection of relative weight differences between criteria (Demirci, 2022; Elmas, 2022). Various applications demonstrate that SWARA offers significant advantages particularly in situations where the number of experts is limited, the number of criteria to be evaluated is high, and the weighting process needs to be carried out flexibly. Based on these approaches in the literature, this study aims to weight the criteria used in personnel selection for engineering positions in a public institution using the SWARA method.

2. LITERATURE REVIEW

Personnel selection is one of the fundamental research areas of human resources management and requires decision-makers to evaluate both qualitative and quantitative data simultaneously. The goal of the personnel selection process is to identify the most suitable candidate among those applying for a position. However, this process often involves numerous criteria that may conflict with one another. For this reason, Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) methods are frequently preferred in the literature.

Kabak and Kazançoğlu (2012) applied the Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) to the problem of teacher selection in military schools. Seven main criteria and nineteen sub-criteria—identified through a literature review and expert opinions—were weighted using the fuzzy AHP method; the criteria were evaluated using both numerical and linguistic variables. According to the results, "ability to understand and explain" was identified as the most important criterion. The study demonstrated that fuzzy logic enables decision-makers to systematically evaluate uncertain judgments in personnel selection processes.

Dağdeviren (2010) developed a hybrid decision model that integrates the Analytic Network Process (ANP) and TOPSIS methods to determine the most suitable personnel for production systems. The ANP method was used to determine the weights by considering dependency relationships among the criteria, while the TOPSIS method was employed for the final ranking of candidates. In an application conducted in a real manufacturing company, experience, teamwork, foreign language proficiency, and communication skills were found to be the most influential criteria. The study emphasizes that interactions

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

among criteria should not be overlooked in the personnel selection process and demonstrates that hybrid models enhance decision accuracy.

Bedir and Eren (2015) proposed a model integrating the Analytic Hierarchy Process (AHP) and PROMETHEE methods for the problem of sales consultant selection in the retail sector. Criterion weights were determined using AHP, while alternative candidates were ranked using the PROMETHEE method. The criteria identified in the study included communication skills, customer relations, sales performance, and teamwork. The results indicated that the AHP–PROMETHEE model provided more flexible and reliable outcomes compared to classical single-method approaches.

Vural, Köse, and Bayram (2020) examined the personnel selection problem in a medium-sized enterprise operating in the Kayseri Organized Industrial Zone. Candidates were evaluated based on criteria such as education level, foreign language proficiency, experience, communication skills, computer literacy, teamwork ability, and creativity. Criterion weights were determined using AHP, and candidate ranking was performed using the VIKOR method. The results showed that "education level" and "experience" were the most influential factors, and that the integrated AHP–VIKOR model enhanced consistency and objectivity in the personnel selection process.

Acer and İnci (2020) analyzed the selection of field operations personnel at the Port of Trabzon using MCDM methods. In their study, criterion weights were determined using AHP, while candidate ranking was carried out using the MOORA method. Based on the evaluation conducted with six main criteria and twenty-seven sub-criteria, the most important criterion was found to be post-application evaluation measures.

Ersoy (2021) examined the problem of engineer selection in a company operating in Turkey's textile sector and used the AHP and TOPSIS methods together. Eight candidates were evaluated across seven criteria (work experience, computer skills, analytical thinking, communication, teamwork, willingness to learn, foreign language). The criterion weights determined by AHP were used in the TOPSIS-based ranking of candidates, enabling the identification of the most suitable candidate. According to the results, "work experience" and "analytical thinking" were found to be the most influential criteria.

Öztürk and Kaya (2020) applied the Fuzzy VIKOR method to reduce uncertainties in the engineer selection process within the automotive supply industry. The criteria considered in the study included problem-solving approach, planning and organization, knowledge and experience, fit with organizational culture, and communication skills. The analysis conducted using Fuzzy VIKOR revealed that the knowledge and experience criterion was the most important factor, while fit with organizational culture had relatively lower importance.Klasik yöntemlerin ağır bastığı bu yaklaşımlardan farklı olarak, son yıllarda SWARA yöntemi, kriter ağırlıklandırmasında sade, hızlı ve karar verici odaklı bir alternatif olarak öne çıkmaya başlamıştır.

Yazgan and Agamyradova (2021) used the SWARA and MAIRCA methods together for the selection of teller personnel in the banking sector. In the evaluation conducted with five candidates, three decision-makers, and ten criteria, reliability, customer orientation, and

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

experience were identified as the most important criteria. In the ranking obtained using MAIRCA, candidate A4 was found to be the most suitable employee. The study is noteworthy as it demonstrates the applicability of the integrated SWARA–MAIRCA approach in personnel selection.

Özdağoğlu, Keleş, and Işıldak (2021) aimed to identify the criteria that should be considered in the selection of cabin crew in airline companies and to determine the most suitable candidate among the alternatives. In the study, criterion weights were determined using the Fuzzy SWARA method, and the ranking of six candidates was carried out using the Fuzzy MARCOS method. Among the 14 criteria identified through expert opinions, the three most important were education and achievement status, foreign language proficiency, and physical attributes. As a result of the analysis, candidate A3 was identified as the most suitable cabin crew member.

Yurdoğlu and Kundakcı (2017) integrated the SWARA and WASPAS methods for the hardware selection problem of a textile company; in the analysis conducted with seven alternatives and seven criteria, "processor speed" was identified as the most critical criterion, and A6 was identified as the most suitable alternative.

Utlu (2024) used the SWARA method to prioritize digital marketing strategies; in the analysis based on academician evaluations, search engine marketing, social media marketing, and content marketing were identified as the primary strategies. The findings indicate that SWARA is a flexible and interpretable tool for decision problem types beyond human resources.

Şahin et al. (2025) integrated the SWARA, VIKOR, and COPRAS methods to evaluate the sustainability performance of global air cargo companies. The criteria were addressed across dimensions such as carbon emissions, energy consumption, water consumption, and employment; in the weighting conducted with SWARA, the most critical criterion was found to be the reduction of CO_2 emissions. As a result of the analysis, Korean Air, Turkish Airlines, and Cathay Pacific emerged as the leading companies in terms of sustainability.

A general review of the literature shows that the most widely used methods in the field of personnel selection are AHP and TOPSIS. AHP has been widely used in both academic and practical studies because it allows for criterion evaluation through pairwise comparisons. SWARA, on the other hand, is gaining increasing importance in the literature due to its ability to rapidly and systematically quantify decision-makers' intuitive judgments; however, its applications specifically focused on personnel selection remain limited and are mostly in the form of hybrid approaches.

In this study, unlike previous research, the weights of measurable criteria that can be used for engineering positions within the G2 service group in the public sector were calculated using the SWARA method, and the integration of the obtained results into the existing formula-based scoring system was targeted. This demonstrates that Multi-Criteria Decision-Making methods are widely applied across various sectors in personnel selection problems. In this context, the SWARA method has increasingly gained attention in recent years due to its simple structure and decision-maker–oriented approach.

A review of the general literature shows that the SWARA method has not been sufficiently

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

explored within the scope of human resources management, particularly in personnel selection processes. Most existing studies focus on operational areas such as supply chain, production management, or sustainability. Therefore, applying the SWARA method to recruitment processes conducted in the public sector provides a new contribution to the literature from both methodological and practical perspectives.

3. DEFINITION OF THE PROBLEM

This study was conducted in a public institution where the personnel selection process is carried out in two stages and applications are received through an online system. The institution publishes an average of 100 job announcements each year, and approximately 50,000–55,000 applications are submitted in total. The evaluation process consists of two main stages. In the first stage, the system checks whether candidates meet the position-specific requirements (such as field compatibility, foreign language level, etc.); for candidates who meet these conditions, a formula score is calculated based on graduation GPA, university entrance ranking, and years of professional experience. Based on this formula score ranking, candidates up to ten times the number of available positions are invited to the interview stage, where the final evaluation is conducted.

The positions within the institution are grouped into five job categories classified according to similar qualifications, knowledge levels, and expertise requirements. This classification is used to ensure standardization in recruitment and evaluation processes. The G1 group includes personnel working in administrative and support services, while the G2 group consists of positions requiring engineering and technical expertise. The G3 group covers areas such as scientific analysis, policy development, and project management; the G4 group includes technician or field support roles; and the G5 group consists of auxiliary service and operational support positions.

The group examined within the scope of this study is the G2 service group of the institution, which includes engineering-based technical expertise positions. This group comprises engineering fields such as mechanical, electrical–electronics, computer/software, industrial, civil, and materials engineering, as well as technical roles directly related to these fields. The exclusion of candidates' technical and academic qualifications, project participation experience, academic publication activities, double major or minor degrees, and award or certification achievements from the evaluation process leads to candidates with similar basic scores but differing qualifications being ranked at the same level. Considering the institution's high volume of applications, a ranking based solely on numerical indicators may result in overlooking highly qualified candidates. Therefore, in this study, the SWARA method was used as a complementary approach to the existing formula score system. The SWARA method is a systematic and interpretable decision-making technique that allows the step-by-step determination of the relative importance of criteria based on expert opinions. Accordingly, the measurable criteria for engineering positions within the G2 service group were evaluated by experts based on their order of importance, and the steps of the SWARA method were then applied to calculate the weights of these criteria. The resulting weights were integrated into the institution's existing scoring system, enabling candidates to be evaluated not only in quantitative terms but also in terms

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

of their qualitative attributes. In this way, a more holistic and data-driven evaluation model was proposed for the institution's recruitment process. A total of 15 measurable criteria were identified to comprehensively reflect candidates' technical and academic qualifications. All criteria are objective, documentable, and directly related to the requirements of the position, and they were structured in alignment with the job descriptions of the G2 service group.

Table 1. Criterion Definitions

Criterion Code	Criterion Definition
K1	Years of Experience in the Field: The total number of years the candidate has worked in their field after completing their bachelor's degree. Documented work experience is required.
K2	Academic Degree: The highest academic degree completed by the candidate (bachelor's, master's, doctorate).
K3	Academic Publication or Project Experience: Participation in national or international scientific projects or having publications in peer-reviewed journals.
K4	Technical/Professional Project Experience: Having contributed technically to public, private sector, or R&D projects.
K5	Double Major or Minor Degree: Successful completion of a second academic program during undergraduate education.
K6	Awards or Achievements: Possession of scientific, technical, or professional awards granted by national or international institutions.
K7	Basic Computer and Technical Tool Knowledge: Competence in software, programming languages, analytical tools, or technical platforms related to the field.
K8	Foreign Language Proficiency: Foreign language level verified by YDS, YÖKDİL, or internationally recognized equivalent certificates.
K9	Undergraduate GPA: The academic performance indicator showing the candidate's graduation grade point average.
K10	University Entrance Ranking: The ranking obtained by the candidate in the national university placement exam (ÖSYM) when entering their undergraduate program.
K11	Professional Certificates and Competency Credentials: Possession of national or international technical certifications related to the field (e.g., PMP, AutoCAD, Python, SolidWorks, etc.).
K12	Scientific/Administrative Project Support or Scholarships: Scholarships, grants, or project participation funded by institutions such as TÜBİTAK, BAP, or the European Union.
K13	Internship and Technical Experience During Study: Technical tasks performed during mandatory or voluntary internships in the undergraduate period.
K14	Sectoral Experience Field: The nature of the institutions where the candidate has worked (public, private sector, R&D centers, etc.) and the alignment of their responsibilities with the position.
K15	Software and Analytical Tool Proficiency: Level of competence in Matlab, Python, R, CAD software, data analysis tools, or engineering simulation programs.

In determining the criteria, in-house job analysis outputs, competencies considered critical for technical positions in the literature, and expert opinions were evaluated together.

4. METHOD

In this study, the SWARA (Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis) method was used to determine the importance levels of the measurable criteria belonging to the G2 service group. SWARA is one of the multi-criteria decision-making techniques in which

decision-makers evaluate the criteria based on expert opinions and determine the weights systematically according to this evaluation. The method has been increasingly preferred in the literature, particularly because it rationalizes decision-makers' intuitive assessments step by step, has low mathematical complexity, and facilitates group decision-making (Görener and Alişarlı, 2021).

The fundamental characteristic of SWARA is that the criteria are evaluated according to a predetermined order of importance, and the relative importance level (s) of each criterion compared to the previous one is defined by the decision-makers. Based on these definitions, the reduction coefficient (k), comparative importance (q), and normalized weights (w) are systematically calculated. In this way, the qualitative judgments of decision-makers are quantified, and the method becomes transparently applicable (Görener and Alişarlı, 2021).

4.1. Formation of the Expert Group

Since the SWARA method is an expert-based approach, careful selection of the expert profile is essential. In this study, the experts were selected to represent the technical, academic, and institutional requirements of the engineering positions in the G2 service group within the relevant public institution. All experts have at least 8–10 years of experience and actively participate in in-house recruitment, R&D, project evaluation, and technical management processes.

Four experts were included in the study:

U1 Senior Human Resources Specialist: Expert in recruitment policies, job analyses, and the standardization of evaluation criteria.

U2 Senior Technical Engineer: An expert familiar with the technical activities performed directly by G2 positions and experienced in engineering requirements from the field.

U3 Technical Unit Manager with a Doctorate (Also a University Lecturer): A manager who performs both research and technical management duties, combining academic and sectoral perspectives.

U4 Project Leader / R&D Specialist: An expert who has led projects within public sector support mechanisms and is competent in technical outputs, certifications, publications, and project performance criteria.

This expert set was structured to holistically represent the technical skills, academic qualifications, sector experience, and human resources practices required for the G2 service group.

4.2. Data Collection Process and Evaluation Form

In this study, in order to weight the measurable criteria belonging to the G2 service group using the SWARA method, it was first necessary to collect qualitative prioritization data from the experts. For this purpose, an evaluation panel consisting of four experts was formed. The data collection process for the application of the SWARA method was carried out in two stages. In the first stage, the experts were asked to rank the criteria to be used in the study from the most important to the least important. This ranking forms the basis of the method and ensures consistency in the relative importance assessment to be conducted in the next step. In the second stage, based on the ranking they made, the experts were

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

asked to provide relative importance difference (sj) values indicating how much less important each criterion is compared to the previous one.

Priority Ranking of Criteria: The experts were asked to rank the 15 given criteria from the most important to the least important in terms of engineering-based G2 positions. This ranking is necessary to determine the "importance difference levels," which are the main input of the SWARA method. The experts were instructed to consider factors such as the technical competencies required by the institution, the existing evaluation system, the knowledge–skill set required for engineering roles, and indicators of candidate performance when making their rankings.

Relative Importance Degree (sj) Assessment: As required by the SWARA method, each expert was asked to answer the question, "What is the level of importance difference between this criterion and the next one?" This difference was expressed using a coefficient ranging from 0 to 1. A value of 0 indicates that the two criteria are close in importance, while a value of 1 indicates that the next criterion is significantly less important. The experts were instructed to base this assessment not on numerical precision, but on their intuitive and professional experience. The data collection form was structured to allow each expert to make their evaluation independently. The form consisted of three sections:
Section 1: List of criteria and their definitions
Section 2: Empty ranking area for ordering the criteria by importance
Section 3: Importance degree (sj) score for each criterion relative to the previous one
This structure allowed the experts to evaluate the topic systematically and ensured that all necessary data for the SWARA method were collected completely.

4.3. SWARA Method Calculation Steps

The SWARA method is a systematic approach that calculates the relative weights of criteria step by step based on the order of importance determined by decision-makers. Since each criterion is compared only with the previous one in this method, the evaluation burden on the decision-maker is reduced, and the reflection of intuitive judgments into the model is facilitated. The calculation process of SWARA consists of the following steps:

Step 1: Ordering the criteria by importance: The experts rank the criteria under evaluation from the most important to the least important. This ranking forms the foundation of the method.

Step 2: Determining the relative importance coefficient (sj): Starting from the second criterion, the question "How much less important is this criterion compared to the previous one?" is answered for each criterion. The resulting sj coefficient typically takes a value between 0 and 1; a value of 0 indicates that the two criteria are very close in importance, while a value of 1 indicates that the next criterion is significantly less important. Although some studies in the literature use sj values greater than 1, in this study the 0–1 range was preferred to enhance the intuitive consistency of expert evaluations.

Step 3: Calculation of the reduction coefficient (kj). For each criterion, the reduction coefficient is calculated using the following formula:

$$k_j = 1 + s_j$$

This coefficient ensures that the difference in importance between the criteria is reflected

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

in the calculation.

Step 4: Calculation of the comparative importance coefficient (qj). For the first criterion:

$$q_1 = 1$$

This approach designates the first criterion as the reference point. For the other criteria, the comparative importance coefficient is calculated using the following formula:

$$q_j = \frac{q_{j-1}}{k_j}$$

Step 5: Normalization of the weights (wj). After all comparative importance coefficients are summed, the normalized weights are obtained as follows:

$$w_j = \frac{q_j}{\sum_{j=1}^{n} q_j}$$

The wj values obtained in this step constitute the final weights representing the relative importance levels of the criteria (Görener and Alişarlı, 2021).

Through these five steps, the qualitative ranking based on expert opinions is transformed into mathematically consistent and comparable numerical weights; thus, the relative importance of the criteria is determined in a transparent and systematic manner.

4.4.Reason for Applying the Method in This Study

In the evaluation process of candidates for engineering positions within the G2 service group, there are numerous measurable criteria, and determining the importance levels of these criteria requires an expert-based approach. The SWARA method is highly suitable for the purpose of this study because it allows decision-makers to express the relative importance of criteria directly and intuitively. The fact that the method does not require a pairwise comparison matrix and has a structure that simplifies the evaluation step by step provides a significant advantage, especially in human resources applications where many criteria are involved.

Since the G2 service group requires the combined analysis of criteria involving various qualifications—such as technical competence, academic achievement, project experience, and sectoral application knowledge—both ease of application and the ability to systematically incorporate expert judgments into the model were considered in selecting the method. SWARA enables experts to evaluate criteria within a natural ranking logic, thereby representing the multidimensional competencies required in engineering positions more realistically. In addition, compared to other multi-criteria decision-making techniques, the method has a lower computational cost and offers practicality in terms of integration into in-house human resources processes. The current application evaluation system, calculated based on a limited number of variables, cannot fully reflect candidates' technical and academic qualifications and may prevent highly qualified candidates from being sufficiently distinguished in the ranking. The SWARA method addresses this limitation by transforming expert judgments into a mathematical structure, allowing for weighting that is both objective and aligned with institutional needs. For these reasons, the SWARA method was chosen as the most appropriate approach for evaluating the

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

measurable criteria of the G2 service group and enhancing the existing formula-based scoring system.

5. APPLICATION AND FINDINGS

In this study, an online survey-based data collection process was conducted with an evaluation group consisting of four experts to enable the application of the SWARA method. The survey sent to the experts requested two main pieces of information regarding the criteria: ranking the 15 criteria from the most important to the least important, and providing the sj values reflecting the relative importance difference of each criterion compared to the previous one. Thus, all inputs required for the SWARA calculations were obtained in a single step based on the experts' individual evaluations. The raw data obtained from the survey are presented in Table 3 and show the criterion rankings and the corresponding sj values for each expert.

Table 2. Criterion Rankings and sj Values Obtained from Experts

Order	U1 Criterion	U1 sj	U2 Criterion	U2 sj	U3 Criterion	U3 sj	U4 Criterion	U4 sj
1	K1	–	K15	–	K1	–	K1	–
2	K4	0,08	K1	0,1	K4	0,05	K4	0,08
3	K15	0,07	K4	0,06	K10	0,15	K15	0,09
4	K10	0,18	K10	0,14	K15	0,08	K10	0,14
5	K14	0,12	K7	0,1	K9	0,12	K14	0,11
6	K8	0,1	K8	0,07	K8	0,08	K8	0,09
7	K7	0,08	K14	0,11	K14	0,11	K7	0,12
8	K9	0,12	K9	0,09	K7	0,1	K9	0,1
9	K5	0,1	K5	0,12	K11	0,13	K11	0,1
10	K11	0,13	K11	0,12	K5	0,09	K5	0,13
11	K6	0,15	K6	0,14	K2	0,14	K6	0,15
12	K2	0,2	K2	0,16	K6	0,17	K2	0,17
13	K3	0,25	K3	0,09	K3	0,1	K3	0,18
14	K12	0,2	K12	0,18	K12	0,2	K13	0,2
15	K13	0,22	K13	0,28	K13	0,25	K12	0,22

Table 2 presents the raw data set that forms the primary input for the SWARA calculations used in this study. The table contains the importance rankings assigned to the criteria by each of the four experts, along with the relative importance difference (sj) values determined for each criterion compared to the previous one. Using the survey form, the experts ranked the criteria according to their individual evaluations and indicated the corresponding sj coefficient for each criterion in the same sequence. Through this structure, all initial data required to perform independent SWARA calculations for each expert were obtained.

Based on the criterion rankings and sj values obtained from the experts, the SWARA method was applied independently for each expert. Since the calculation steps of the method were previously presented in the methodology section, only the application results are shared at this stage. Accordingly, for each expert, the reduction coefficient

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

(kj) and the comparative importance coefficient (qj) were first derived from the corresponding sj values, and then the normalized weights (wj) of the criteria were calculated using these values. Thus, four separate weight vectors were generated—one for each expert—and in the subsequent stage, these vectors were combined to obtain the final criterion weights. The individual SWARA calculation table for Expert 1 is presented below as an example, and the same calculations were performed for the remaining experts.

Table 3. SWARA Calculation Results for Expert 1

Order of Importance	Criterion	sj	kj	qj	wj
1	K1	0	1	1,0000	0,1274
2	K4	0,08	1,08	0,9259	0,1180
3	K15	0,07	1,07	0,8654	0,1103
4	K10	0,18	1,18	0,7333	0,0934
5	K14	0,12	1,12	0,6548	0,0834
6	K8	0,1	1,1	0,5953	0,0759
7	K7	0,08	1,08	0,5512	0,0702
8	K9	0,12	1,12	0,4921	0,0627
9	K5	0,1	1,1	0,4474	0,0570
10	K11	0,13	1,13	0,3959	0,0504
11	K6	0,15	1,15	0,3443	0,0439
12	K2	0,2	1,2	0,2869	0,0366
13	K3	0,3	1,3	0,2207	0,0281
14	K12	0,2	1,2	0,1839	0,0234
15	K13	0,22	1,22	0,1507	0,0192

5.1. Consolidation of Criterion Weights

The final weight values obtained for each criterion as a result of the individual SWARA calculations of the four experts are presented in Table 4. This table includes the wj values calculated separately for each expert, and in order to balance the differences among expert opinions, the final criterion weights were determined using the arithmetic mean method. Thus, a common weight reflecting the evaluations of all four experts was obtained for each criterion.

This method reduces the impact of potential outliers arising from individual expert judgments and provides a more balanced and collective criterion weighting. The average weights of the criteria objectively reveal which qualifications play a more dominant role in the personnel selection process; notably, applied technical experience, analytical tool proficiency, and core engineering competencies stand out with higher weight values. These final weights were used as the primary input for the evaluation process in the subsequent steps of the study.

Table 4. Expert-Based Weights and Final Criterion Weights

Criterion	U1	U2	U3	U4	Final Criterion

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

					Weight
K1	0.12743	0.11006	0.12134	0.12499	0.12096
K2	0.03656	0.03856	0.04487	0.03736	0.03934
K3	0.02812	0.03537	0.03486	0.03166	0.03250
K4	0.11799	0.10383	0.11556	0.11574	0.11328
K5	0.05701	0.05710	0.05115	0.05027	0.05388
K6	0.04387	0.04472	0.03835	0.04371	0.04266
K7	0.07023	0.08280	0.06299	0.06873	0.07119
K8	0.07585	0.07738	0.07692	0.07698	0.07678
K9	0.06271	0.06396	0.08308	0.06249	0.06806
K10	0.09345	0.09108	0.10049	0.09314	0.09454
K11	0.05045	0.05099	0.05575	0.05681	0.05350
K12	0.02343	0.02998	0.02905	0.02163	0.02602
K13	0.01921	0.02342	0.02324	0.02639	0.02306
K14	0.08344	0.06971	0.06930	0.08391	0.07659
K15	0.11027	0.12106	0.09304	0.10618	0.10764

5.2.Interpretation of the Weights and Proposal for Integration with the Formula Score

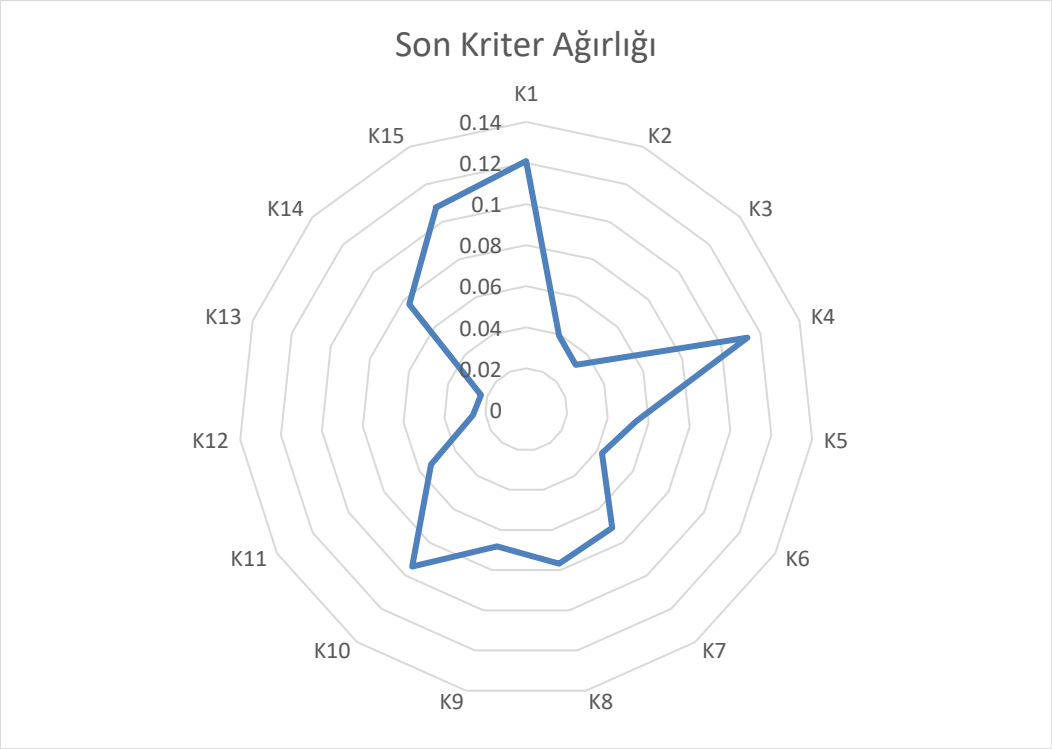


Figure 1. Final Criterion Weights

The final weights in Table 4 and Figure 1 show that K1 (Years of Experience in the Field) and K4 (Technical/Professional Project Experience) are the strongest determinants of performance in engineering roles, reflecting the institution's R&D-focused structure. These criteria were rated highly because experience and project background directly demonstrate a candidate's working style, problem-solving ability, and capacity to manage project risks. Lower-weighted criteria such as K12 (Scientific/Administrative Project Support) and K13 (Internship

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Experience) indicate potential but have limited explanatory power for applied performance.

Overall, the results confirm that applied technical experience is the most critical factor for G2 positions. K1, K4, and K15 (Software–Analytical Tool Proficiency) constitute the top three criteria, showing that the institution prioritizes competencies that directly contribute to R&D processes. Sectoral experience (K14), foreign language proficiency (K8), and technical tool knowledge (K7) follow these factors. Meanwhile, academic indicators such as publications (K3), project supports (K12), and internships (K13) carry comparatively lower weight.

Because the current formula-based scoring system treats some criteria equally or scores them narrowly, it does not sufficiently differentiate between candidates with strong technical competence and those with limited experience. The SWARA-based weights provide a scientific foundation for making evaluations more sensitive and competency-oriented.

A suitable integration approach is to multiply each criterion by its SWARA weight without making radical changes to the existing scoring formula. This would ensure that candidates with strong applied experience are ranked more accurately, prevent academic indicators from creating disproportionate advantages, and improve fairness and precision in large applicant pools. Consequently, SWARA can serve both to determine criterion importance and to support a transition toward a competency-based personnel evaluation system.

6. CONCLUSION

This study applies the SWARA method to determine the relative importance levels of measurable candidate evaluation criteria for the G2 service group, which includes engineering and specialist positions within a public institution. Although the formula-based scoring system currently used in the institution is a practical tool for managing the large volume of applications received, there is a need for a method that quantifies the relative importance of criteria based on expert judgment. The SWARA method meets this need by revealing the differences in importance among criteria in a consistent, systematic, and expert-driven structure.

The findings indicate that for G2 positions, performance-related competencies—such as applied technical experience, analytical skills, and project involvement—are the main determinants. Years of field experience (K1), technical/project experience (K4), and software–analytical tool proficiency (K15) had the highest weights, highlighting their critical role. In comparison, academic degrees, scholarships, awards, and internship experience held medium to lower weights and served more as complementary factors.

Another contribution of the study is the proposal to integrate SWARA-based weights into the institution’s existing formula score. These weights can guide the adjustment of current coefficients, enabling a more competency-focused and discriminative evaluation without altering the fundamental structure of the system. Once candidate data are incorporated, this integration has the potential to operate as a decision-support component within the digital application platform.This study has several limitations. First, because the SWARA method relies on expert judgments, the resulting weights reflect the subjective evaluations of the four experts; increasing the number of experts may lead to variations in the weights. Second, the study focuses solely on measurable criteria, excluding behavioral

competencies such as communication, teamwork, and problem-solving. Third, while the criterion weights were calculated, they were not tested on real candidate data; therefore, the proposed integration with the formula-based scoring system remains conceptual and would benefit from validation with actual applications. Finally, the study was conducted only for the G2 service group, meaning that the findings cannot be directly generalized to other positions or groups. These limitations provide a foundation for extending future research.

For future studies, it is recommended that SWARA weights be tested together with the existing formula-based scoring system using actual candidate data, that ranking results be compared, and that sensitivity analyses be conducted to examine the effects of small changes in the weights. In addition, hybrid evaluation models in which SWARA is integrated with other MCDM methods such as AHP or TOPSIS may be developed and applied to different service groups. Such studies will contribute to making candidate evaluation processes in public institutions more transparent, consistent, and competency-based.

Overall, this study presents an expert-driven and practically applicable weighting model that has the potential to address the limitations of the formula-based scoring system currently used in public institutions. The findings indicate that a more balanced and functional candidate ranking is achievable even in large application pools, contributing to the strengthening of institutional human resource policies through a data-driven approach.

KAYNAKÇA

[1] Kabak, Ö., & Kazançoğlu, Y. (2012). Teacher selection using the fuzzy AHP method. Eğitim ve Bilim, 37(165), 95-107.

[2] Dağdeviren, M. (2010). An integrated model for personnel selection using ANP and TOPSIS methods. Gazi University Journal of Engineering and Architecture, 25(4), 731-740.

[3] Bedir, N., & Eren, T. (2015). Sales consultant selection using AHP and PROMETHEE methods. Gazi University Journal of Engineering and Architecture, 30(1), 143-155.

[4] Vural, M., Köse, E., & Bayram, A. (2020). Personnel selection with AHP and VIKOR: An organized industrial zone case. Journal of Business Research, 12(2), 1481-1498.

[5] Ersoy, Ö. (2021). Engineer selection in the textile sector using AHP and TOPSIS methods. Tekstil ve Mühendis, 28(123), 54-63.

[6] Acer, A., & İnci, M. (2020). Personnel selection using the MOORA method based on AHP. International Journal of Economic and Administrative Studies, 16(Special Issue), 3689-3713.

[7] Öztürk, E., & Kaya, A. (2020). Personnel selection with fuzzy VIKOR: An application in the automotive supply industry. International Journal of Economic and Administrative Studies, 8(1), 94-108.

[8] Koçak, F. H. (2024). An integrated approach to personnel selection using SWARA and ARAS. Journal of Management and Economics Research, 8(14), 22-52.

[9] Özdağoğlu, A., Keleş, M., & Işıldak, B. (2021). Cabin crew selection using Fuzzy SWARA and Fuzzy MARCOS. Pamukkale University Journal of Engineering Sciences, 27(4), 789-803.

[10] Utlu, M. (2024). Prioritizing digital marketing strategies using the SWARA method. International Journal of Management and Marketing Studies, 25(1), 341-355.

[11] Şahin, C., Yıldız, B., & Karaman, S. (2025). Sustainable airline selection: SWARA-weighted VIKOR and COPRAS methods. Journal of Aviation Studies, 8(1), 139-151.

[12] Yazgan, H. R., & Agamyradova, A. (2021). Teller selection using the SWARA–MAIRCA method. Tokat Gaziosmanpaşa University Journal of Social Sciences Research, 281-290.

[13] Esen, H., Yiğit, V., & Güldan, S. (2019). Personnel selection in hospitals using AHP and TOPSIS: The case of emergency care nursing certification. Avrasya Journal of Social and Economic Research, 6(12), 112-128.

[14] Kuşakçı, A. O., Ayvaz, B., Öztürk, F., & Sofu, F. (2019). Personnel selection using Fuzzy MULTIMOORA: An application in the aviation sector. Ömer Halisdemir University Journal of Engineering Sciences, 8(1), 96-110.

[15] Ersoy, A., & Ersoy, N. (2024). Personnel selection in the hospitality industry using the ENTROPY–RAPS integrated model. KAÜİİBFD, 15(29), 76-96.

[16] Sarıkaya, K. (2019). Academic personnel selection based on research productivity using Fuzzy TOPSIS. Gaziosmanpaşa Journal of Scientific Research, 8(3), 167-179.

[17] Sarıkaya, K. (2019). Academic personnel selection based on research productivity using Fuzzy TOPSIS. Gaziosmanpaşa Journal of Scientific Research, 8(3), 167-179.

[18] Demirci, A. (2022). Multi-criteria decision-making technique for personnel selection: PSI example. Toros University Journal of Social Sciences, 9(Special Issue), 10-17.

[19] Elmas, G. (2022). Personnel selection using the Fuzzy TOPSIS method: An application in a freight forwarder company. European Journal of Science and Technology, 35, 595-602.

[20] Yurdoğlu, H., & Kundakcı, N. (2017). Server selection using SWARA and WASPAS methods. Balıkesir University Journal of Social Sciences Institute, 20(38), 253-270.

[21] Zolfani, S. H., & Saparauskas, J. (2013). A new application of the SWARA method in prioritizing sustainability assessment indicators of energy systems. Engineering Economics, 24(5), 408-414.

[22] Alişarlı, E., & Görener, A. (2021). Criterion prioritization with the SWARA method: Evaluation of supplier performance. Working Paper Series, 2(2), 32-39.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

PERSONNEL SELECTION IN PUBLIC INSTITUTIONS USING A HYBRID DECISION SUPPORT MODEL BASED ON AHP AND WASPAS: AN APPLICATION STUDY

Prof. Dr. Servet SOYGÜDER
Ankara Yıldırım Beyazıt University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, 06010, Ankara, Türkiye
servetsoyguder@gmail.com
ORCID: 0000-0002-8191-6891

Hatice Ceren ŞAHİN
Ankara Yıldırım Beyazıt University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Engineering Management, 06010, Ankara, Türkiye
hatice_ceren05@hotmail.com
ORCID: 0009-0002-8729-885X

Abstract

Personnel selection is a strategic decision-making process that directly influences organizational performance and service quality in human resource management. In public institutions, the high number of job postings and large volume of applications make it difficult to ensure objectivity, consistency, and fairness in candidate evaluation. In this study, a multi-criteria decision support model has been developed for the personnel selection process of a public institution. The model is designed as a two-stage hybrid structure based on the Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) approach. In the first stage, the measurable evaluation criteria determined according to expert opinions were modeled hierarchically, and their relative importance weights were calculated using the Analytic Hierarchy Process (AHP) method. In the second stage, the AHP-derived criteria weights were integrated into the Weighted Aggregated Sum Product Assessment (WASPAS) method, and candidate performance scores were computed for ranking. Unlike traditional approaches that focus solely on criteria weighting, an integrated AHP–WASPAS-based evaluation model was developed to measure candidate performance holistically and in a balanced manner. The proposed model contributes to the systematic, traceable, and rational identification of candidates to be invited from the application pool to the interview stage. Additionally, the model offers an applicable solution for decision makers by enabling more transparent, consistent, and fair personnel selection processes in public institutions. The findings indicate that the model can be effectively utilized as an MCDM tool to manage high application volumes in public sector recruitment processes.

Keywords: Personnel Selection, Multi-Criteria Decision Making, AHP, WASPAS, Hybrid decision support model

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

1. INTRODUCTION

In today's organizations, particularly in public institutions, strategic decisions play a critical role in ensuring service quality and operational efficiency. One of the most important of these decisions is personnel selection, which involves comparing job requirements with candidate qualifications to identify the most suitable applicant. The strong influence of the human factor in service-oriented sectors increases the complexity of this process and necessitates the use of systematic decision-making methods.

This study addresses the multi-criteria structure of the candidate evaluation process in a public institution. Due to high application volumes, numerous criteria, and partially subjective judgments, the decision-making process was supported with MCDM techniques. The AHP method was employed to determine criterion weights based on expert evaluations; however, since it is insufficient for final ranking, it was integrated with the WASPAS method. WASPAS combines additive and multiplicative performance measures to compute objective overall scores for each candidate. Applied to real data for the HG2 service group, the hybrid AHP–WASPAS model enabled objective, transparent, and repeatable candidate evaluations, providing an effective framework that reduces decision-makers' workload in public-sector HR processes.

2. LITERATURE REVIEW

Research on personnel selection dates back to the 1940s, and since the 2000s, Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) methods have been increasingly applied to these problems. Recent studies show a notable rise especially after 2020. The present study contributes to this field by modeling a public institution's candidate evaluation process based on 20 criteria, and related studies are summarized in Table 2.1.

Various MCDM techniques have been used across sectors for personnel selection: PROMETHEE (Chen et al., 2009), Fuzzy TOPSIS (Kelemenis & Askounis, 2009), ANP–TOPSIS (Dağdeviren, 2010), SAW and ELECTRE (Afshari et al., 2010), DEMATEL–AAS (Aksakal & Dağdeviren, 2010), Fuzzy VIKOR (Yıldız & Deveci, 2013), AHP–TOPSIS (Doğan & Önder, 2014), ORESTE (Eroğlu et al., 2014), AHP–PROMETHEE (Bedir & Eren, 2015), AHP–MOORA (Tepe & Görener, 2014), ENTROPY–ARAS (Kenger & Organ, 2017), MULTIMOORA and AHP–TOPSIS (Kuşakçı et al., 2019), and AHP–VIKOR (Vural, Köse & Bayam, 2020). Additionally, AI-based approaches have gained traction in HR processes (Soygüder et al., 2010; Korkmaz et al., 2015; Talu et al., 2010).

The literature indicates that AHP, TOPSIS, VIKOR, MOORA, PROMETHEE, ARAS, and ELECTRE are commonly applied, though many studies focus only on either weighting or ranking. This highlights the need for hybrid models. Among these, AHP–WASPAS has emerged as a promising combination. Stanujkic et al. (2015) and Özdağoğlu & Gencer (2018) showed that this integration provides more robust and comprehensive evaluations.

Overall, the literature reveals the effectiveness of AHP for weighting and WASPAS for performance ranking. However, few studies combine both methods, suggesting that AHP–

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

WASPAS hybrid models can offer meaningful contributions. This study addresses this gap by proposing and applying an integrated model within a public-sector personnel selection context.

Table 2.1. MCDM Studies Related to Personnel Selection

Year	Author(s)	Problem	Method(s)	Sector	Type of Study
2019	Mishra & Rani	Academic performance evaluation	AHP, COPRAS	Education	Applied Study
2020	Nemati & Aghaie	Performance evaluation	SWARA, Entropy	Human Resources	Applied Study
2020	Ghorabaee et al.	Employee evaluation	WASPAS, ARAS	Service	Applied Study
2021	Keshavarz Ghorabaee	Personnel efficiency analysis	WASPAS, EDAS	Public Sector	Theoretical/Applied
2022	Pamučar et al.	Sustainability analysis	SWARA, MARCOS	Logistics	Theoretical/Applied
2023	Çelik & Kaya	Project leader selection	SWARA, COPRAS	Engineering	Applied Study
2024	Djekic et al.	Expert selection	AHP, MARCOS	Defense	Applied Study
2024	Zavadskas et al.	Hybrid model development	WASPAS, SWARA, MARCOS	Multi-sector	Theoretical
2025	Kartaloğlu	Ideal lawyer selection	AHP, WASPAS, CoCoSo	Law	Applied Study
2025	Yılmaz & Aytekin	Personnel performance optimization	AHP, WASPAS	Public Sector	Applied Study

The contribution of this study to the literature is the enhancement of the institution's existing formulation to rank candidates to be invited for interviews through a more objective decision-support model.

3. PROBLEM DESCRIPTION

This study examines the personnel selection process in a public institution that uses an in-house application system and a two-stage evaluation procedure. After each announcement, candidates are assessed based on measurable criteria such as field compatibility, GPA, university entrance ranking, and years of professional experience. However, the existing formula-based system becomes insufficient when multiple criteria must be evaluated simultaneously, creating the need for an MCDM model that incorporates both objective data and expert judgment.

To address this, AHP and WASPAS were integrated into the current system. AHP was used to determine the relative importance of the criteria, while WASPAS calculated overall performance scores and produced the final ranking. This integration improves fairness, consistency, and transparency. In the current structure, candidates who meet basic requirements

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

(field suitability, foreign language score, etc.) receive a formula score and may be invited to the interview stage.

The institution employs five service groups (HG1–HG5), and this study focuses on HG2, the largest group involving engineering positions. These roles require the combined assessment of technical, academic, and personal qualifications. The AHP–WASPAS model supports this process by merging objective indicators (e.g., GPA, experience, language score) with expert evaluations to produce a more reliable candidate ranking.

4. METHOD

In today's rapidly changing work environment, organizations require objective and reliable hiring methods. Personnel selection is increasingly addressed through MCDM frameworks to improve decision speed and accuracy. MCDM techniques, with their flexibility to handle diverse decision conditions (Khandekar & Chakraborty, 2016), enable the simultaneous evaluation of multiple criteria. In this study, 20 measurable criteria such as education, experience, language proficiency, and GPA were identified, yet the existing formula did not adequately reflect their impact. Therefore, an integrated AHP–WASPAS model is proposed: AHP determines criterion weights, and WASPAS uses these weights to derive the final performance ranking.

In recruitment processes, candidate attributes such as field experience, public-sector work history, voluntary internships, graduate education, academic publications, age, long-term job stability, KPSS scores, professional training, computer skills, awards, social/academic/technical project experience, double major or minor degrees, additional diplomas, merit scholarships, and project scholarship background are also considered. MCDM methods allow selection, ranking, classification, prioritization, or elimination among multiple alternatives using weighted, conflicting, and heterogeneous criteria, including both quantitative and qualitative measures (Yoon & Hwang, 1995).

4.1. AHP Method

The Analytic Hierarchy Process (AHP), one of the widely used multi-criteria decision-making (MCDM) methods, was first developed by Thomas L. Saaty as a practical approach to solving decision-making problems. AHP is a method capable of evaluating both quantitative and qualitative criteria, incorporating individual or group preferences, experiences, intuitions, and knowledge into the decision-making process, and solving complex problems by structuring them within a hierarchical framework. The method allows decision-makers to integrate both objective and subjective judgments into their evaluations. The AHP establishes a hierarchical structure consisting of at least three levels: the goal at the top, the main criteria (and sub-criteria, if any) at the intermediate levels, and the alternatives at the lowest level (Saaty et al., 2001). The steps of the AHP method are as follows (Saaty, 2004; Multi-Criteria Decision-Making Methods–III):

Step 1: Define the problem and identify the criteria required for the decision, then determine their priorities.

Step 2: Construct the hierarchical structure. The main goal is placed at the top, followed by the primary and sub-criteria, and finally the alternatives (if any). The number of levels

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

depends on the complexity of the problem. Elements at the same level are assumed to be mutually independent.

Step 3: Develop the pairwise comparison matrices. Using a 1–9 importance scale, compare the main criteria, sub-criteria (if applicable), and alternatives with respect to each criterion. These matrices are square and have diagonal elements equal to 1.

$$A=\begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21}=1/a_{12} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1}=1/a_{1n} & a_{n2}=1/a_{2n} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

The term a_{ij} represents the pairwise comparison value of criterion *i* relative to criterion *j*. Conversely, the value a_{ij} is obtained as 1 / a_{ij}. The value a_{ij} answers the question: *"To what extent should criterion i be preferred over criterion j?"* Therefore, decision alternatives are compared separately with respect to each criterion.

Step 4: The pairwise comparison matrices are normalized. Each element in the matrix is divided by the sum of its respective column, resulting in a normalized matrix. The sum of each column in the normalized matrix equals 1.

$$a'_{ij}=\frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} a_{ij}} \qquad i, j = 1,2,\ldots,n \quad (2)$$

The corresponding equation is applied.

Step 5: The priority vector is calculated. The sum of each row in the normalized matrix is divided by the matrix dimension to obtain the average. These computed values represent the importance weights of each criterion. The set of these weights forms the priority vector.

$$w_i=\left(\frac{1}{n}\right)\sum_{i=1}^{n} a'_{ij} \qquad i,j = 1,2,\ldots,n \quad (3)$$

The corresponding equation is applied. Thus, the percentage distribution of importance values indicating the relative significance of each criterion is obtained.

Step 6: The consistency ratio is calculated.

After performing pairwise comparisons and determining the priority weights, the consistency of the comparison matrices must be assessed. To determine whether the pairwise comparison matrix A is consistent, one of the commonly used approaches is to compute the Consistency Index (CI).

$$CI=\frac{\lambda_{max}-n}{n-1} \quad (4)$$

is calculated using the following equation. Here,

$$\lambda_{max}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{\sum_{j=1}^{n} a_{ij}w_j}{w_i}\right) \quad (5)$$

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

$$\text{A x W} = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} = \frac{1}{a_{12}} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} = \frac{1}{a_{1n}} & a_{n2} = \frac{1}{a_{2n}} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \text{x} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$d_i = \frac{x_i}{w_i} \qquad i = 1,2,\ldots,n \quad (7)$$

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^{n} d_i}{n} \quad (8)$$

To evaluate consistency, the Random Index (RI) value must be known. After determining the CI and RI values, the Consistency Ratio (CR) is calculated.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (9)$$

If the calculated CR value is less than 0.10, the pairwise comparison matrix is considered to be consistent.

Step 7: The pairwise comparison matrix for the criteria is constructed, and the priority vector of the decision alternatives is calculated. This priority vector may also be defined as the weight vector for the criteria.

Step 8: The decision alternatives are ranked. Priority vectors for the criteria are combined to form the overall priority matrix. This matrix is multiplied by the alternatives' priority vector to obtain the final result vector. The alternative with the highest value in this vector is selected as the preferred option.

4.2. WASPAS Method

The WASPAS (Weighted Aggregated Sum Product Assessment) method, developed by Zavadskas et al. (2012), is a hybrid MCDM approach that integrates the SAW and WP methods. By combining additive and multiplicative assessments, it provides more stable, sensitive, and information-efficient results compared to single-model techniques (Stanujkic et al., 2015). WASPAS is widely used in quantitative decision problems involving many criteria and alternatives, such as personnel selection, supplier evaluation, project prioritization, and performance analysis. The main steps of the method are given below.

Step 1: Construction of the Decision Matrix

The first step of the WASPAS method involves constructing the decision matrix (A), in which each alternative is evaluated with respect to each criterion. This matrix is defined as follows:

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

$$A=\begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21}=1/a_{12} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1}=1/a_{1n} & a_{n2}=1/a_{2n} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

Here, a_{ij} represents the performance value of the *i*-th alternative with respect to the *j*-th criterion.

Step 2: Normalization of the Decision Matrix

To eliminate differences arising from the measurement units of the criteria, the decision matrix is normalized. In the WASPAS method, different normalization procedures are applied for maximization and minimization criteria:

$$r_{ij}=\begin{cases} \dfrac{a_{ij}}{\max(a_{ij})}, & \text{If the criterion is benefit-oriented} \\ \dfrac{a_{ij}}{\min(a_{ij})}, & \text{If the criterion is cost-oriented} \end{cases} \quad (11)$$

The normalized matrix $R = [r_{ij}]$ is obtained.

Step 3: Calculation of the Weighted Normalized Values

$$v_{ij} = w_j \text{ x } r_{ij} \quad (12)$$

Here, w_j represents the criterion weights determined using the AHP method. Thus, subjective expert knowledge obtained from AHP is integrated into the WASPAS method.

Step 4: Calculation of Additive (SAW) and Multiplicative (WP) Assessment Values

Additive Assessment (SAW Approach):

$$Q_i^{(1)} = \sum_{j=1}^{n} w_j \text{ x } r_{ij} \quad (13)$$

Multiplicative Assessment (WP Approach):

$$Q_i^{(2)} = \prod_{j=1}^{n} r_{ij}^{w_j} \quad (14)$$

These two evaluations are computed separately and later combined.

Step 5: Calculation of the Overall WASPAS Score

$$Q_i = \lambda Q_i^{(1)} + (1-\lambda) Q_i^{(2)} \quad (15)$$

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Here, λ is the coefficient that determines the balance between the additive and multiplicative models.
Typically, λ=0.5 (Zavadskas et al., 2012).

The resulting Q_i values represent the overall performance scores of the alternatives. The alternative with the highest Q_i value is selected as the optimal solution to the decision problem.

Step 6: Ranking of Alternatives

After calculating the Q_i values for all alternatives, these values are ranked in descending order. The alternative with the highest Q_i value is identified as the most suitable option according to the evaluation criteria.

$$Q_{max} = \max(Q_i) \quad (16)$$

As a result of this ranking, a clear and quantitative preference order is presented to the decision-makers.

4.3. AHP–WASPAS Integration Model

In complex decision-making problems, a single method often cannot evaluate all criteria and alternatives with sufficient accuracy. For this reason, integrating complementary techniques has become common in the literature. The AHP–WASPAS hybrid model is one such approach: AHP determines the relative importance of the criteria, while WASPAS uses these weights to calculate the overall performance of alternatives. Combining expert judgment with objective measurements provides more reliable results (Stanujkic et al., 2015; Zavadskas et al., 2012).

5. APPLICATION

In the existing system, personnel recruitment is conducted using a standard formula-based calculation; however, this approach becomes insufficient for qualified recruitment groups, particularly because multiple measurable attributes must be considered. Since the purpose of this study is to improve the quality of human resources processes, it is essential that measurable candidate characteristics be included in the evaluation. Therefore, beyond traditional methods, the AHP approach is proposed to systematically evaluate the measurable attributes of candidates.

In line with this objective, 15 criteria were selected—based on expert judgment—from among the 20 criteria initially identified for the HG2 service group, which represents the largest workforce and the highest recruitment volume within the institution. These criteria were chosen specifically for use in the evaluation stage of recruitment announcements for HG2 positions. The selected criteria and the pairwise comparison matrix constructed using Saaty's 1–9 fundamental comparison scale are presented in Table 5.1.

Table 5.1. Pairwise Comparison Matrix of the Criteria

Criteria	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15
K1 – Field experience	1.000	5.000	4.000	2.000	4.000	5.000	6.000	8.000	4.000	4.000	4.000	3.000	5.000	7.000	7.000
K2 – Voluntary internship/work experience	0.200	1.000	0.200	0.143	0.250	0.250	0.500	0.167	0.333	0.500	0.250	0.200	1.000	1.000	1.000

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

K3 – Master's degree	0.250	5.000	1.000	0.333	1.000	4.000	3.000	7.000	2.000	1.000	3.000	0.500	4.000	4.000	4.000
K4 – Doctoral degree	0.500	7.000	3.000	1.000	3.000	4.000	6.000	8.000	4.000	3.000	4.000	3.000	5.000	6.000	6.000
K5 – Academic publication(s)	0.250	4.000	1.000	0.333	1.000	3.000	3.000	7.000	1.000	1.000	3.000	0.200	4.000	4.000	4.000
K6 – Age	0.200	4.000	0.250	0.250	0.333	1.000	2.000	6.000	0.250	0.250	0.333	0.200	3.000	4.000	4.000
K7 – Awards/Achievements	0.167	2.000	0.333	0.167	0.333	0.500	1.000	5.000	0.333	0.250	0.333	0.250	3.000	2.000	2.000
K8 – Social project experience	0.125	6.000	0.143	0.125	0.143	0.167	0.200	1.000	0.143	0.143	0.167	0.143	0.200	0.250	0.250
K9 – Academic project experience	0.250	3.000	0.500	0.250	1.000	4.000	2.000	7.000	1.000	1.000	3.000	0.333	3.000	4.000	4.000
K10 – Technical/professional project experience	0.250	2.000	1.000	0.333	1.000	4.000	3.000	7.000	1.000	1.000	3.000	0.333	3.000	4.000	4.000
K11 – Minor degree	0.250	4.000	0.333	0.250	0.333	3.000	3.000	6.000	0.333	0.333	1.000	0.250	2.000	3.000	3.000
K12 – Double major degree	0.333	5.000	2.000	0.333	5.000	5.000	3.000	7.000	3.000	3.000	4.000	1.000	4.000	5.000	5.000
K13 – Additional diploma	0.200	1.000	0.250	0.200	0.250	0.333	0.250	5.000	0.333	0.333	0.500	0.250	1.000	0.333	0.333
K14 – Merit-based scholarship	0.143	1.000	0.250	0.167	0.250	0.250	0.333	0.333	4.000	0.250	0.333	0.200	0.333	1.000	1.000
K15 – Project scholarship experience	0.143	1.000	0.250	0.167	0.250	0.250	0.333	3.000	0.250	0.250	0.333	0.200	0.333	1.000	1.000

By following the steps described in Section 4.3, the resulting tables were generated sequentially and are presented on the following pages.

The squared matrix obtained from the pairwise comparison matrix, in the square matrix generated from the comparison matrix, the sum of the row totals column was calculated as 8365.412.

Each row sum of the matrix was then divided by the matrix dimension to obtain the average, and these resulting values represent the importance weights calculated for each criterion. These weights constitute the priority vector. The priority vector obtained in this manner is presented in Table 5.2.

Table 5.2. Priority Vector

	Priority Vector
K1	0.188
K2	0.017
K3	0.084
K4	0.159
K5	0.074
K6	0.041
K7	0.030
K8	0.014
K9	0.070
K10	0.075
K11	0.049
K12	0.131
K13	0.021
K14	0.030
K15	0.017

To evaluate the consistency of the pairwise comparison matrices, one commonly used approach is to calculate the Consistency Index (CI).

The CI coefficient is computed using the formula:

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1}$$

To obtain this coefficient, the maximum eigenvalue λ_{max} must first be calculated, which in turn requires the computation of the values d_i.

The d_i values are calculated using the formula:

$$d_i = \frac{x_i}{w_i}$$

λ_{max} was calculated using the formula:

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^{n} d_i}{n}$$

Accordingly, $\lambda_{max} = 17.222$ was obtained.

When computing the Consistency Index (CI) using the formula

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1}$$

the number of criteria was taken as n = 15. The resulting consistency index was calculated as CI=0.159. Thus, the *Consistency Ratio (CR)* was computed as:

$$CR = \frac{CI}{RI} = 0{,}0998$$

Since the calculated CR value is less than the threshold of 0.10, the pairwise comparison matrix is considered consistent.

The distribution of the criterion weights calculated using the AHP method is presented in Figure 5.1 as a radar chart. The figure shows that the highest weights correspond to K1 (professional experience), K4 (doctoral degree), and K12 (double major completion).

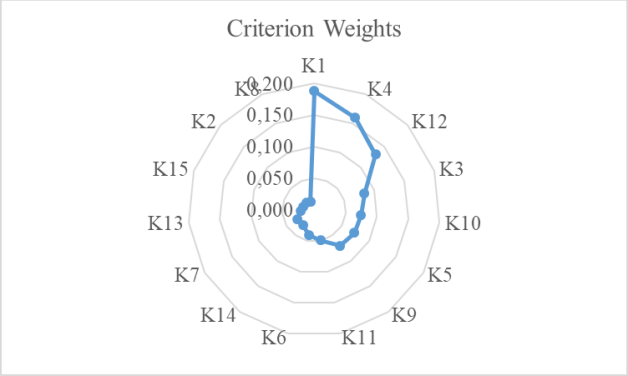


Figure 5.1. Radar Chart Representation of Criterion Weights Obtained through the AHP Method

In this study, the classification of criteria as benefit- or cost-oriented was made based on expert opinions, approaches adopted in similar MCDM studies in the literature, and evaluations regarding the inherent nature of each criterion. Since a lower age is considered a more favorable characteristic, the candidate's age was treated as a *cost criterion*. All other criteria were classified as *benefit criteria*, as higher values indicate better performance.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

In this study, a binary (0–1) scale was used for criteria requiring qualitative assessment; candidates who met the relevant requirement were assigned a score of 1, while those who did not were assigned a score of 0. In this way, the influence of subjective judgments on the model was reduced, making the evaluation process more objective and comparable. The performance values of the candidates according to the criteria are presented in Table 5.3.

Table 5.3. Candidates' Performance Values According to the Criteria

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15
A1	7	1	0	0	3	32	1	2	3	2	0	0	0	1	0
A2	4	0	1	0	1	28	0	1	1	1	0	0	1	0	0
A3	10	1	1	1	6	41	2	4	3	5	1	1	0	1	1
A4	3	0	0	0	0	37	0	1	0	1	0	0	0	0	0
A5	12	1	1	1	8	35	3	5	4	6	1	1	1	1	1
A6	6	0	0	0	4	45	1	2	2	3	0	0	0	0	0
A7	8	1	1	1	5	34	2	3	3	4	1	0	1	1	0
A8	2	0	0	0	1	26	0	1	1	1	0	0	0	0	0
A9	4	1	1	1	7	30	2	4	4	5	1	1	1	0	1
A10	5	0	0	0	2	38	0	2	1	2	0	0	0	0	0

Since the candidates' performance values differ across criteria and are measured on different scales, normalization was applied to make them comparable on a common scale.

The performance values of the alternatives calculated using the WSM and WPM methods are presented in Tables 5.4 and 5.5. WSM computes the weighted sum of each alternative's criteria, while WPM combines the criteria multiplicatively based on the same weights. Together, these approaches offer complementary perspectives for multi-criteria evaluation. The tables provide transparency and facilitate comparison, and the final WASPAS scores — obtained by integrating WSM and WPM — determine the ranking of the alternatives.

Table 5.4. WSM Values Calculated by Applying AHP Weights to the Normalized Performance Values

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	Q_i (WSM)
A1	0.110	0.017	0.000	0.000	0.028	0.033	0.010	0.006	0.053	0.025	0.000	0.000	0.000	0.030	0.000	**0.310**
A2	0.063	0.000	0.084	0.000	0.009	0.038	0.000	0.003	0.018	0.012	0.000	0.000	0.021	0.000	0.000	**0.247**
A3	0.157	0.017	0.084	0.159	0.055	0.026	0.020	0.011	0.053	0.062	0.049	0.131	0.000	0.030	0.017	**0.871**
A4	0.047	0.000	0.000	0.000	0.000	0.029	0.000	0.003	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	**0.091**
A5	0.188	0.017	0.084	0.159	0.074	0.030	0.030	0.014	0.070	0.075	0.049	0.131	0.021	0.030	0.017	**0.990**
A6	0.094	0.000	0.000	0.000	0.037	0.023	0.010	0.006	0.035	0.037	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	**0.242**
A7	0.126	0.017	0.084	0.159	0.046	0.031	0.020	0.008	0.053	0.050	0.049	0.000	0.021	0.030	0.000	**0.694**
A8	0.031	0.000	0.000	0.000	0.009	0.041	0.000	0.003	0.018	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	**0.114**
A9	0.063	0.017	0.084	0.159	0.064	0.035	0.020	0.011	0.070	0.062	0.049	0.131	0.021	0.000	0.017	**0.805**
A10	0.078	0.000	0.000	0.000	0.018	0.028	0.000	0.006	0.018	0.025	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	**0.173**

Table 5.5. WPM Values Calculated by Applying AHP Weights to the Normalized Performance Values

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	Q_i (WPM)
A1	0.903	1.000	0.000	0.000	0.930	0.992	0.968	0.987	0.980	0.921	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	**0.000**
A2	0.813	0.000	1.000	0.000	0.858	0.997	0.000	0.978	0.907	0.875	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	**0.000**

A3	0.966	1.000	1.000	1.000	0.979	0.982	0.988	0.997	0.980	0.986	1.000	1.000	0.000	1.000	1.000	**0.000**
A4	0.770	0.000	0.000	0.000	0.000	0.986	0.000	0.978	0.000	0.875	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	**0.000**
A5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.988	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	**0.988**
A6	0.878	0.000	0.000	0.000	0.950	0.978	0.968	0.987	0.952	0.950	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	**0.000**
A7	0.927	1.000	1.000	1.000	0.966	0.989	0.988	0.993	0.980	0.970	1.000	0.000	1.000	1.000	0.000	**0.000**
A8	0.714	0.000	0.000	0.000	0.858	1.000	0.000	0.978	0.907	0.875	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	**0.000**
A9	0.813	1.000	1.000	1.000	0.990	0.994	0.988	0.997	1.000	0.986	1.000	1.000	1.000	0.000	1.000	**0.000**
A10	0.848	0.000	0.000	0.000	0.903	0.985	0.000	0.987	0.907	0.921	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	**0.000**

Since several of the criteria used in the study are binary (0–1). the presence of "0" values in the multiplicative operations of the WPM method resulted in most of the $Q_i^{(WPM)}$ scores being equal to zero. This is a common outcome reported in the literature and stems from the multiplicative structure of the WPM approach.

Due to the binary nature (0–1) of certain criteria in the decision tree. the multiplicative component (WPM) yielded a zero value for many alternatives. This is an expected effect resulting from the geometric nature of WPM: if an alternative has a value of zero for any criterion. its geometric mean becomes zero. Consequently. the WASPAS results became largely aligned with the additive component (WSM). a situation that has been clearly highlighted in the findings and discussion sections of the study.

Since the final WASPAS score Q_i is obtained by combining the WSM and WPM scores with equal weights. the presence of zero WPM scores did not hinder the application of the method.

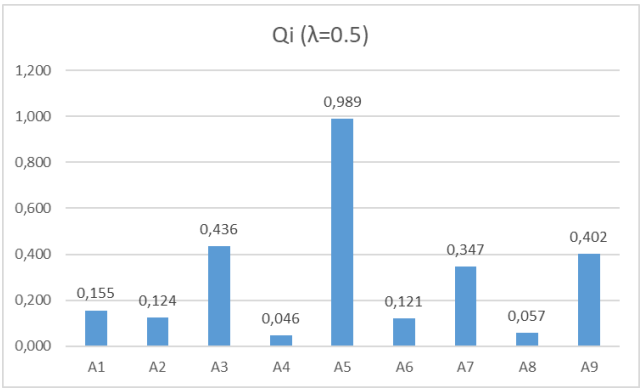


Figure 5.2. Final Candidate Scores (Qi) Obtained Using the WASPAS Method

The final Qi scores obtained using the WASPAS method are presented in Figure 5.2. The figure visually confirms that the A5 alternative exhibits a clear superiority compared to all other candidates.

The λ parameter was tested for the values 0.25, 0.50, 0.75, and 1, and it was observed that the ranking of the candidates did not change under any of these scenarios. In particular, the A5 alternative maintains its superiority across all λ values, as it achieves the highest scores in both the additive (WSM) and multiplicative (WPM) components. Since most of the other candidates

have 0–1 structured criteria, their WPM components become zero, and changes in λ merely scale the scores without altering the ranking among these alternatives. These findings indicate that the model is robust with respect to the λ parameter.

6. CONCLUSION

In this study, an AHP–WASPAS decision support model was developed to evaluate candidates in a public institution. Criterion weights were obtained through AHP, and overall performance scores were computed using WASPAS. Due to the predominantly binary (0–1) criteria, the discriminative power of the WPM component was limited, while the WSM component effectively reflected performance differences.

WASPAS results identified A5 as the top-performing alternative, and sensitivity analysis showed that changes in the λ parameter did not alter the ranking, confirming the model's stability. To validate these findings, the ELECTRE method was applied, and A5 was found to dominate all other alternatives. This independently confirmed the WASPAS ranking.

Overall, the integrated AHP–WASPAS model provides an objective and repeatable framework for candidate evaluation in public institutions. Although the binary structure restricts multiplicative methods, the model produced robust results. Future studies may test the model with broader candidate pools or different institutional criteria sets.

7. REFERENCES

Afshari. A. R.. Mojahed. M.. & Yusuff. R. M. (2010). Simple Additive Weighting approach to personnel selection problem. *International Journal of Innovation. Management and Technology*. 1(5). 511–515.

Aksakal. E.. & Dağdeviren. M. (2010). An integrated approach for personnel selection problem using ANP and DEMATEL methods. *Gazi University Journal of Science*. 25(4). 905–913.

Bedir. N.. & Eren. T. (2015). Personnel selection problem with AHP-PROMETHEE integration: A case study in the retail sector. *Social Sciences Research Journal*. 4(4). 46–58.

Chen. T. C.. Yuan. C. H.. & Wei. Z. H. (2009). Applying multiple linguistic PROMETHEE method for personnel evaluation and selection. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*. 1312.

Çelik. M.. & Kaya. A. (2023). Project leader selection using SWARA–COPRAS method. *International Journal of Industrial Management*. 15(2). 84–98.

Dağdeviren. M. (2010). A hybrid multi-criteria decision-making model for personnel selection in manufacturing systems. *Journal of Intelligent Manufacturing*. 21(4). 451–460.

Djekic. I.. Radovanovic. R.. & Tadic. D. (2024). Expert selection using hybrid AHP–MARCOS approach. *Journal of Applied Engineering Science*. 22(1). 77–89.

Doğan. A.. & Önder. E. (2014). Use of multi-criteria decision-making techniques in human resources recruitment and selection: An application. *Journal of Yaşar University*. 9(34). 5796–5819.

Eroğlu. E.. Yıldırım. B.. & Özdemir. M. (2014). The "ORESTE" method in multi-criteria decision making and its application in personnel selection. *Management Journal*. 25(76).

Ghorabaee. M. K.. Amiri. M.. & Zavadskas. E. K. (2020). A WASPAS–ARAS integrated approach for employee assessment. *Journal of Decision Systems*. 29(2). 145–160.

Karabasević. D.. Stanujkic. D.. & Urošević. S. (2015). An MCDM model for personnel selection based on SWARA and ARAS methods. *Management*. 20(77). 43–52.

Kartaloğlu. H. (2025). Ideal lawyer selection using AHP-based WASPAS and CoCoSo methods: The case of Istanbul (Master's thesis). Bolu Abant İzzet Baysal University. Graduate School of Education.

Kelemenis. A. M.. & Askounis. D. T. (2009). An extension of fuzzy TOPSIS for personnel selection. *IEEE International Conference on Systems. Man and Cybernetics*. 4704–4709.

Kenger. M. D.. & Organ. A. (2017). Evaluation of bank personnel selection using entropy-based ARAS method. *Journal of Social Sciences Institute*. 4(4). 152–170.

Keshavarz Ghorabaee. M. (2021). Personnel productivity evaluation with WASPAS and EDAS methods. *Informatica*. 45(1). 11–24.

Khandekar. A. V.. & Chakraborty. S. (2016). Personnel selection using fuzzy axiomatic design principles. *Business Theory and Practice*. 17(3). 251–260.

Korkmaz. D.. Akpolat. Z. H.. Soyguder. S.. & Alli. H. (2015). Dynamic simulation model of a biomimetic robotic fish with multi-joint propulsion mechanism. *Transactions of the Institute of Measurement and Control*. 37(5). 684–695.

Kuşakçı. A. O.. Ayvaz. B.. Öztürk. F.. & Sofu. F. (2019). Personnel selection with fuzzy MULTIMOORA: An application in the aviation sector. *Omer Halisdemir University Journal of Engineering Sciences*. 8(1). 96–110.

Mishra. P.. & Rani. P. (2019). Academic staff performance evaluation using AHP and COPRAS methods. *Decision Science Letters*. 8(4). 403–414.

Nemati. H. R.. & Aghaie. A. (2020). Performance evaluation based on SWARA–Entropy approach. *International Journal of Industrial Engineering & Production Research*. 31(3). 259–272.

Pamučar. D.. Bozanic. D.. & Lukovac. V. (2022). A novel SWARA–MARCOS model for sustainability analysis. *Sustainability*. 14(2). 1265.

Saaty. T. L.. & Vargas. L. G. (2001). *Models. methods. concepts & applications of the analytic hierarchy process*. Springer.

Saaty. T. L.. & Vargas. L. G. (2004). Decision making: The Analytic Hierarchy and Network Processes (AHP/ANP). *Journal of Systems Science and Systems Engineering*. 13(1). 1–35.

Saaty. T. L.. & Vargas. L. G. (2012). *Models. methods. concepts & applications of the analytic hierarchy process*. Springer.

Soyguder. S.. & Alli. H. (2012). Computer simulation and dynamic modeling of a quadrupedal pronking gait robot with SLIP model. *Computers & Electrical Engineering*. 38(1). 161–174.

Stanujkic. D.. Karabasevic. D.. & Zavadskas. E. K. (2015). A framework for the selection of packaging design based on the WASPAS method. *Engineering Economics*. 26(2). 186–193.

Tepe. S.. & Görener. A. (2014). Application of Analytical Hierarchy Process and MOORA methods in personnel selection. *Istanbul Commerce University Journal of Science*. 25. 1–14.

Ulutaş. A.. Popovic. G.. Stanujkic. D.. Karabasevic. D.. Zavadskas. E. K.. & Turskis. Z. (2020). A new hybrid MCDM model for personnel selection based on Grey PIPRECIA and Grey OCRA methods. *Mathematics*. 8(10). 1698.

Vural. D.. Köse. E.. & Bayam. B. (2020). Personnel selection using AHP and VIKOR methods. *Yalova University Journal of Social Sciences*. 10(21). 70–89.

Yılmaz. H.. & Aytekin. B. (2025). Personnel performance optimization using hybrid AHP–WASPAS model. *Journal of Human Resources and Decision Systems*. 3(1). 25–39.

Yıldız. A.. & Deveci. M. (2013). Personnel selection process based on fuzzy VIKOR approach. *Ege Academic Review*. 13(4). 427–436.

Yoon. K. P.. & Hwang. C. L. (1995). *Multiple attribute decision making: An introduction*. Sage Publications.

Zavadskas. E. K.. Stevic. Z.. & Stanujkic. D. (2024). Developing hybrid decision-making models combining WASPAS. SWARA. and MARCOS methods. *Mathematics*. 12(3). 611–627.

Zavadskas. E. K.. Turskis. Z.. & Kildienė. S. (2012). State-of-the-art surveys of WASPAS method for multi-criteria decision-making. *Technological and Economic Development of Economy*. 19(1). 5–29.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

DERİN ÖĞRENME TABANLI YOL BOZULMASI SINIFLANDIRMASI İÇİN RESNET18 VE MOBİLENETV3-LARGE MODELLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Yüksek Lisans Öğrencisi Senanur PAKSOY
Fırat Üniversitesi, senapksy@gmail.com - ORCID ID:0009-0004-5354-1019
Doç. Dr. Erdal ÖZBAY
Fırat Üniversitesi, erdalozbay@firat.edu.tr - 0000-0002-9004-4802

ÖZET

Yol yüzeyi bozulmalarının doğru şekilde tespit edilmesi, trafik güvenliği, bakım planlaması ve altyapı yönetimi açısından kritik bir gerekliliktir. Geleneksel yöntemlerin zaman alıcı ve insan hatalarına açık olması, bilgisayarlı görü ve derin öğrenme temelli yaklaşımların kullanımını önemli hâle getirmektedir. Bu çalışmada, yol yüzeyi durumunu sınıflandırma problemine yönelik olarak iki evrişimli sinir ağı mimarisi, ResNet18 ve MobileNetV3-Large problem tanımı çerçevesinde transfer öğrenme yöntemiyle değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan Road Damage Classification (sih_road_dataset) veri kümesi dört sınıftan (good, satisfactory, poor, very_poor) oluşmakta olup tüm görüntüler ön işleme adımlarından geçirilmiş ve veri seti eğitim-doğrulama-test şeklinde katmanlı örnekleme ile ayrılmıştır. Her iki model aynı hiperparametreler altında 20 epoch boyunca eğitilmiş ve doğruluk, eğitim süresi, karmaşıklık matrisleri ile sınıf-bazlı performans ölçütleri üzerinden karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgular, ResNet18'in %97 doğruluk ve yaklaşık 50 dakikalık eğitim süresiyle daha dengeli bir performans sunduğunu; MobileNetV3-Large'ın ise %96 doğruluk elde etmesine rağmen yaklaşık 457 dakikalık eğitim süresiyle daha yüksek hesaplama maliyetine sahip olduğunu göstermektedir. Her iki modelde de en sık görülen sınıflandırma hatalarının satisfactory ve poor sınıfları arasında yoğunlaştığı belirlenmiştir. Sonuç olarak, yol bozulması sınıflandırma uygulamalarında model seçiminde doğruluk kadar eğitim maliyeti ve operasyonel gereksinimlerin de dikkate alınması gerektiği ortaya koyulmuştur.

Anahtar Kelimeler : Yol bozulması sınıflandırma, Derin öğrenme, ResNet18, MobileNetV3-Large, Bilgisayarlı görme.

1. GİRİŞ

Yol yüzeylerinin düzenli ve sağlıklı biçimde izlenmesi, karayolu altyapısının sürdürülebilirliği, trafik güvenliği ve bakım maliyetlerinin kontrolü açısından kritik bir rol oynamaktadır. Yol yüzeyinde

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

zamanla oluşan çatlak, çukur, deformasyon ve aşınma gibi bozulmalar, erken tespit edilmediği durumda hem bakım maliyetlerini artırmakta hem de sürüş güvenliğini olumsuz etkilemektedir. Geleneksel denetim yöntemleri çoğunlukla insan gözlemine ve manuel raporlamaya dayandığı için zaman alıcı, maliyetli ve öznel hatalara açıktır.

Bilgisayarlı görü ve derin öğrenme tabanlı yöntemler, sahadan elde edilen görüntülerin otomatik olarak işlenmesiyle yol yüzeyi bozulmalarının tutarlı ve hızlı biçimde sınıflandırılmasına olanak sağlamaktadır. Evrişimli sinir ağları (CNN'ler), özellikle ImageNet gibi büyük ölçekli veri kümeleri üzerinde ön-eğitimli (pretrained) modeller üzerinden transfer öğrenme yaklaşımı ile, sınırlı etiketli veri içeren alanlarda dahi yüksek performans sunabilmektedir [1–3].

Bu çalışmada, yol bozulmalarının dört kategori altında sınıflandırılmasına odaklanan ve transfer öğrenme yaklaşımını kullanan iki yaygın CNN mimarisi, ResNet18 ve MobileNetV3-Large, sistematik olarak karşılaştırılmıştır. ResNet ailesi, residual (artık) bağlantıları sayesinde derin ağların eğitilebilirliğini önemli ölçüde artırmış ve pek çok görsel tanıma görevinde güçlü bir temel mimari hâline gelmiştir [1]. MobileNetV3 ise mobil ve gömülü cihazlar için verimlilik odaklı olarak tasarlanan, hafif bir mimari olarak öne çıkmaktadır [4]. Bu çalışmanın amacı, söz konusu iki mimarinin aynı veri kümesi, aynı veri ayrımı ve aynı eğitim protokolü altında doğruluk, eğitim süresi ve sınıf-bazlı performans ölçütleri açısından karşılaştırılması ve saha uygulamalarına yönelik çıkarımlar sunulmasıdır.

Bu bağlamda çalışmanın temel katkıları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Yol bozulması sınıflandırması için modüler ve yeniden kullanılabilir bir PyTorch eğitim hattının oluşturulması [2], [6],
- ResNet18 ve MobileNetV3-Large mimarilerinin aynı hiperparametreler ve veri ayrımı altında adil biçimde karşılaştırılması [1], [4],
- Toplam doğruluk, eğitim süresi, eğitim/doğrulama eğrileri ve karmaşıklık matrisleri üzerinden ayrıntılı performans analizinin sunulması,
- Yol bakım ve denetim süreçlerinde model seçimine yönelik pratik önerilerin tartışılması.

2. YÖNTEM

2.1. Veri Kümesi

Deneyler, Kaggle üzerinde yayımlanan Road Damage Classification and Assessment veri kümesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir [7]. Bu veri kümesi, *sih_road_dataset* olarak ta anılmakta olup yol yüzeyi durumunu temsil eden RGB görüntülerden oluşmaktadır. Her görüntü dört sınıftan birine etiketlenmektedir:

- **good:** Yol yüzeyi genel olarak düzgün, belirgin bozulma yok,
- **satisfactory:** Hafif aşınma veya küçük ölçekli yüzey bozulmaları mevcut,
- **poor:** Orta seviyede çatlak, deformasyon veya yüzey bozulmaları,
- **very_poor:** Belirgin ve ciddi bozulmalar (derin çatlaklar, çukurlar vb.).

Veri kümesinde sınıflar arasında tam anlamıyla dengeli bir dağılım olmamakla birlikte her sınıf için yeterli sayıda örnek bulunmaktadır. Özellikle *satisfactory* ve *poor* sınıflarına ait görüntüler, görsel açıdan birbirine oldukça benzer özellikler gösterebilmekte, bu da modelin sınıflandırma kararlarını zorlaştırmaktadır.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

2.2. Ön İşleme

Tüm görüntüler, model giriş boyutlarının uyumluluğunu sağlamak amacıyla *256 piksel×256 piksel* boyutuna yeniden ölçeklendirilmiştir. Ardından veriler tensör formatına dönüştürülmüş ve her kanal için standart normalizasyon uygulanmıştır.

Bu çalışmada, temel yeniden boyutlandırma ve normalizasyon işlemleri dışında ek veri artırma (yatay/dikey çevirme, döndürme, parlaklık veya kontrast değiştirme vb.) teknikleri kullanılmamıştır. Bu tercih, öncelikle mimari karşılaştırmayı sade tutmak ve iki model arasındaki farkları daha doğrudan gözlemlemek amacıyla yapılmıştır.

2.3. Eğitim-Doğrulama-Test Ayrımı

Veri kümesi, sınıflar arası dağılımı korumak amacıyla katmanlı örnekleme (stratified sampling) ile eğitim, doğrulama ve test kümelerine ayrılmıştır. Bu amaçla Python ekosisteminde yaygın olarak kullanılan scikit-learn kütüphanesinin fonksiyonlarından yararlanılmıştır [5] Kullanılan oranlar:

- %80 eğitim,
- %10 doğrulama,
- %10 test,

şeklindedir. Böylece her alt kümede tüm sınıfların temsil edilmesi sağlanmış, doğrulama ve test performansının daha güvenilir şekilde ölçülmesi mümkün olmuştur.

2.4. Modeller

Bu çalışmada transfer öğrenme yaklaşımıyla iki CNN mimarisi değerlendirilmiştir:

- **ResNet18:** Artık (residual) bağlantılar içeren, görece hafif bir derin ağ mimarisidir. Residual bloklar, gradyan akışını iyileştirerek daha derin ağların eğitilebilirliğini artırmaktadır[1].
- **MobileNetV3-Large:** Mobil ve gömülü cihazlarda verimli çalışmak üzere tasarlanmış, derinlikçe ayrılabilir (depthwise separable) evrişimler ve sıkıştırma-genişletme blokları (SE blokları) kullanan hafif bir mimaridir[4].

Her iki modelde de ImageNet veri kümesi üzerinde ön-eğitimli ağırlıklar kullanılmış; son sınıflandırıcı katman, yol bozulması problemine uygun olarak 4 çıktı üretecek biçimde yeniden düzenlenmiştir. Böylece, büyük ölçekli bir veri kümesinde öğrenilen genel görsel özelliklerden faydalanılarak, daha küçük bir yol bozulması veri kümesine uyum sağlanmıştır [1], [2], [4].

2.5. Eğitim Protokolü

Her iki model aynı eğitim protokolü altında eğitilmiştir:

- Epoch sayısı: 20,
- Batch boyutu: 32,
- Optimizasyon algoritması: Adam,
- Öğrenme oranı (learning rate): 0.001,
- Kayıp fonksiyonu: Çapraz entropi (Cross-Entropy Loss),
- Cihaz: Uygun olduğunda CUDA destekli GPU, aksi halde CPU.

Eğitim süreci PyTorch derin öğrenme kütüphanesi ve TorchVision bileşenleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir [2], [6]. Eğitim süresince her epoch sonunda eğitim ve doğrulama kaybı ile

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

doğruluk değerleri kaydedilmiş, böylece eğitim dinamikleri epoch eğrileri üzerinden analiz edilmiştir.

2.6. Değerlendirme Metrikleri

Modellerin performansı şu metrikler üzerinden değerlendirilmiştir:

- Toplam doğruluk (accuracy),
- Sınıf-bazlı kesinlik (precision), duyarlılık (recall) ve F1 skoru,
- Karmaşıklık (confusion) matrisi,
- Eğitim süresi (dakika cinsinden).

Bu metrikler hem global performansı hem de her sınıf için model davranışını ortaya koymaktadır.

3. DENEYSEL SONUÇLAR

3.1. Sayısal Performans Özeti

Çizelge 1 – Modellerin test doğrulukları ve eğitim süreleri.

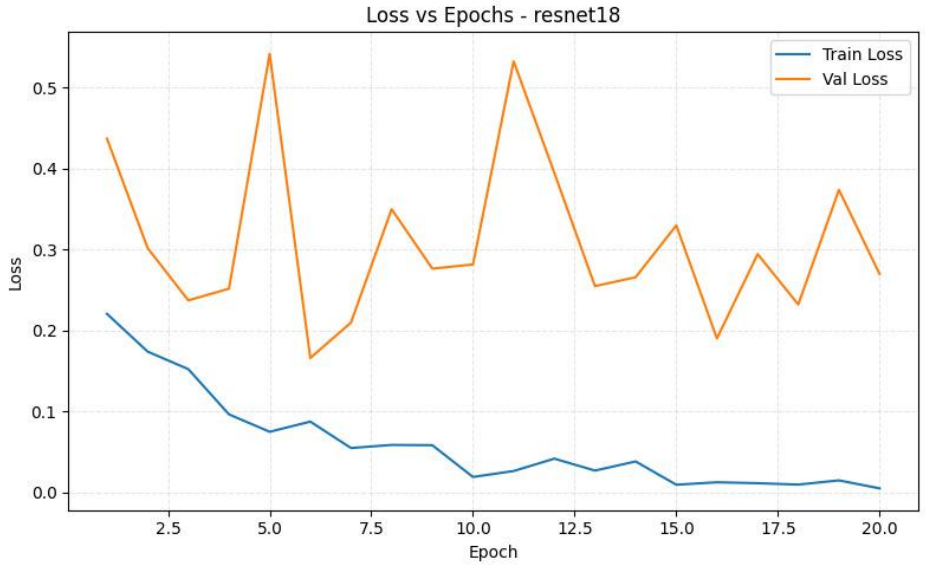
1. Model	2. Doğruluk	3. Eğitim Süresi
4. ResNet18	5. %97	6. 49.95 min
7. MobileNetV3-Large	8. %96	9. 457.41 min

Çizelge 1'de, ResNet18 ve MobileNetV3-Large modellerinin test doğrulukları ve toplam eğitim süreleri özetlenmektedir. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir:

- ResNet18: %97 test doğruluğu, yaklaşık 49.95 dakika eğitim süresi,
- MobileNetV3-Large: %96 test doğruluğu, yaklaşık 457.41 dakika eğitim süresi.

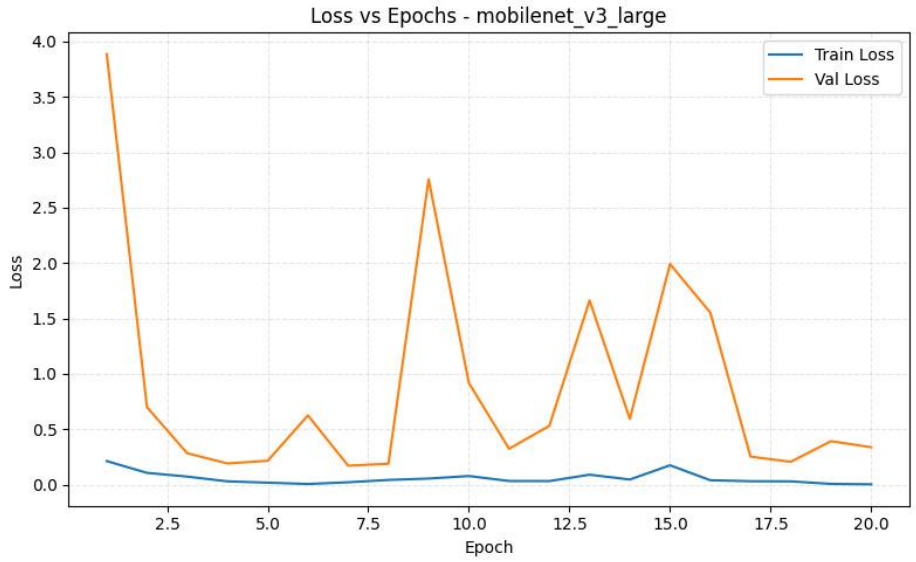
ResNet18, hem doğruluk hem de eğitim süresi açısından daha avantajlı bir profil sunmaktadır. MobileNetV3-Large ise yalnızca doğruluk açısından rekabetçi olmakla birlikte, eğitim süresinin beklenenden çok daha uzun olması dikkat çekmektedir. Bu sonuç, mimarilerin teorik verimlilik özelliklerinin pratikte donanım ve yazılım yığınına bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir.

3.2. Epoch Dinamikleri: Kayıp ve Doğruluk Eğrileri

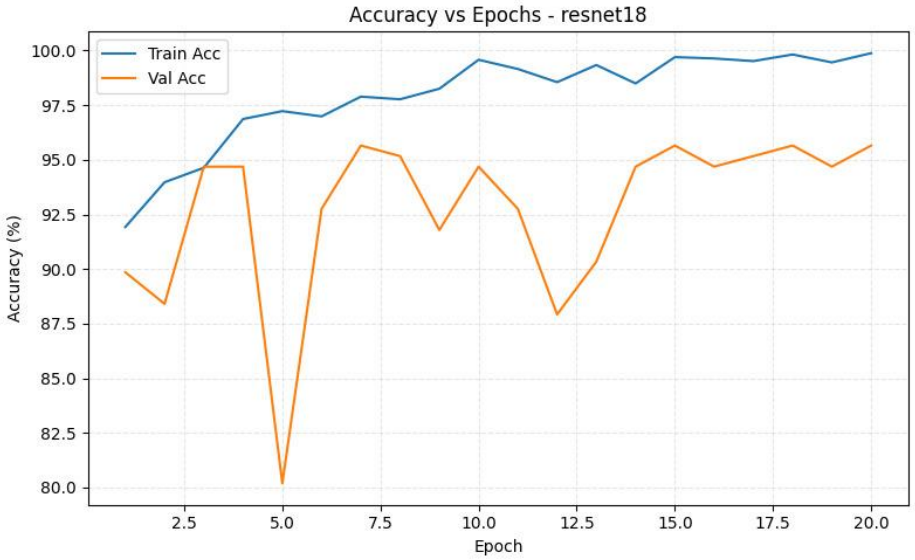


ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Görsel 1: ResNet18 için epoch boyunca eğitim ve doğrulama kayıp eğrileri

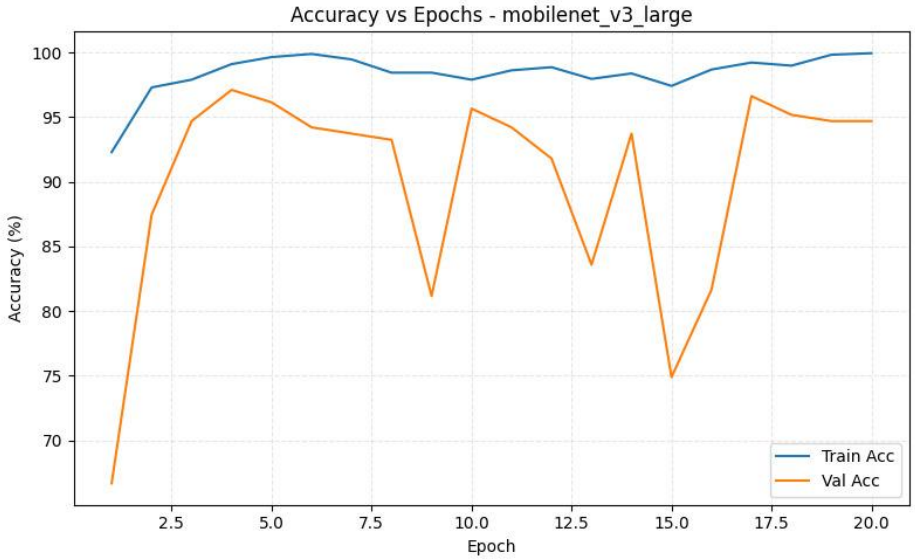


Görsel 2: MobileNetV3-Large için epoch boyunca eğitim ve doğrulama kayıp eğrileri



Görsel 3: ResNet18 için epoch boyunca eğitim ve doğrulama doğruluk eğrileri

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

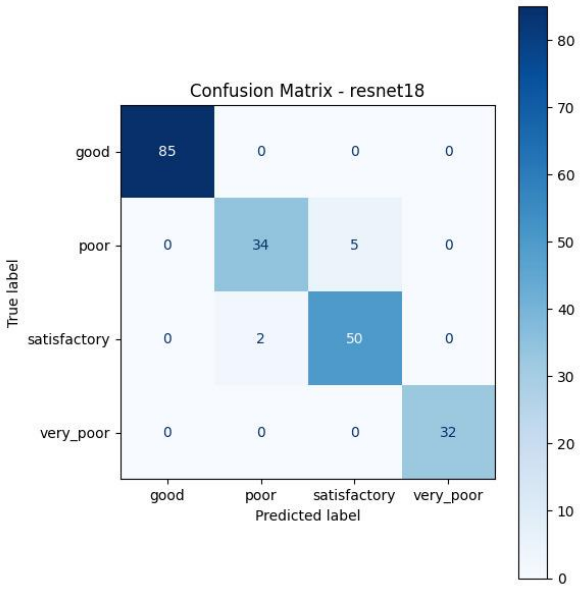


Görsel 4: MobileNetV3-Large için epoch boyunca eğitim ve doğrulama doğruluk eğrileri

Epoch eğrileri incelendiğinde, ResNet18 için eğitim ve doğrulama kayıp eğrilerinin giderek azaldığı ve birbirine görece yakın seyrettiği, doğruluk eğrilerinin ise istikrarlı biçimde arttığı görülmektedir. Bu durum, modelin aşırı öğrenme (overfitting) eğiliminin sınırlı olduğunu ve eğitim sürecinin dengeli ilerlediğini göstermektedir.

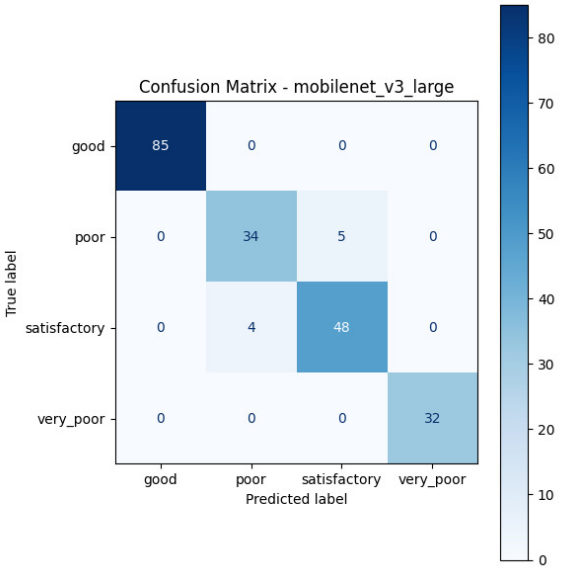
MobileNetV3-Large modelinde ise eğitim kaybının düşük değerlere inmesine karşın doğrulama kaybının epoch'lar arasında daha dalgalı seyrettiği, doğrulama doğruluğunda da zaman zaman ani düşüşler ve çıkışlar yaşandığı görülmektedir. Bu dalgalanma, modelin bazı epoch'larda doğrulama verisine karşı daha kararsız davrandığına işaret etmektedir.

3.3. Karmaşıklık Matrisleri



ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Görsel 5: ResNet18 için test kümesine ait karmaşıklık matrisi



Görsel 6: MobileNetV3-Large için test kümesine ait karmaşıklık matrisi

Karmaşıklık matrisleri, her iki modelin de *good* ve *very_poor* sınıflarında yüksek doğrulukla tahmin yaptığını; hata örneklerinin ise ağırlıklı olarak s*atisfactory* ve *poor* sınıfları arasında yoğunlaştığını göstermektedir. Bu, veri kümesi tanımları ve sınıflar arası görsel benzerliklerle uyumlu bir bulgudur.

4. ANALİZ VE TARTIŞMA

4.1. Sınıf-Bazlı Hata Örüntüleri

Hata örneklerinin büyük kısmının s*atisfactory* ve *poor* sınıflarında ortaya çıkması, bu iki sınıf arasındaki sınırların uygulamada oldukça esnek olduğuna işaret etmektedir. Özellikle hafif aşınma ve yüzey deformasyonları ile orta düzey bozulmalar arasındaki ayrım, çoğu zaman bağlam bilgisine (trafik yoğunluğu, asfalt türü, önceki bakım geçmişi vb.) ve etiketleme sırasında kullanılan kriterlere bağlıdır [7]. Bu nedenle, modellerin bu iki sınıfı zaman zaman karıştırması beklenebilir bir durumdur.

ResNet18, MobileNetV3-Large'a kıyasla bu iki sınıf arasındaki ayrımı bir miktar daha iyi gerçekleştirmiştir. Bu, residual bağlantıların daha derin ve anlamlı özellikler öğrenmesine katkı sağlamasıyla ilişkilendirilebilir [1].

4.2. Mimari Farklılıklarının Etkisi

ResNet18, orta ölçekli bir model olmasına karşın residual blok yapısı ile derin temsilleri verimli bir şekilde öğrenebilmekte, bu da doğrulama performansına olumlu yansımaktadır [1]. MobileNetV3-Large ise parametre sayısı ve model boyutu açısından daha hafif olacak şekilde tasarlanmış, mobil cihazlarda çıkarım maliyetini azaltmayı hedefleyen bir mimaridir [4].

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, teorik olarak daha hafif olan MobileNetV3-Large'ın pratikte daha uzun eğitim süresine sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum, kullanılan yazılım sürümleri, CUDA/cuDNN optimizasyonları, veri yükleme darboğazları veya bazı katmanların

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

GPU yerine CPU'da çalışması gibi altyapı kaynaklı faktörlerle ilişkili olabilir. Dolayısıyla eğitim süreleri yorumlanırken yalnızca mimari değil, donanım ve yazılım yığını da dikkate alınmalıdır.

4.3. Eğitim Süresi ve Operasyonel Kısıtlar

Üretim ortamlarında model seçiminde doğruluk kadar eğitim ve güncelleme maliyeti de önemli bir kriterdir. Modellerin sık sık yeniden eğitilmesi veya farklı bölgelere özgü veri kümeleriyle güncellenmesi gereken senaryolarda, eğitim süresinin kısa olması önemli bir avantaj sağlar.

Bu açıdan bakıldığında, ResNet18 yaklaşık 50 dakikalık eğitim süresiyle kabul edilebilir bir maliyet sunarken, MobileNetV3-Large'ın yaklaşık 457 dakikalık eğitim süresi önemli bir dezavantaj oluşturabilir. Öte yandan MobileNetV3-Large, ağırlık dosyası boyutu ve çıkarım (inference) süresi açısından avantaj sağlayarak gömülü veya mobil sistemlerde tercih edilebilir [4].

4.4. Çalışmanın Sınırlılıkları

Bu çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır:

- Veri artırma teknikleri sistematik olarak değerlendirilmemiş, yalnızca temel ön işleme adımları uygulanmıştır. Veri artırma stratejileri, özellikle sınırda yer alan sınıflar için genelleme performansını iyileştirebilir.
- Hiperparametre arama (öğrenme oranı, ağırlık çürümesi, öğrenme oranı çizelgelemesi vb.) yapılmamış, her iki model de standart ayarlarla karşılaştırılmıştır.
- Değerlendirmeler tek bir veri kümesi üzerinden gerçekleştirilmiş; farklı coğrafya, iklim ve yol tiplerinden örnekler içeren veri kümeleri üzerinde çapraz alan genelleme testleri yapılmamıştır. [7]

5. SONUÇLAR VE GELECEK ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, yol yüzeyi bozulmalarının sınıflandırılması probleminde ResNet18 ve MobileNetV3-Large mimarileri transfer öğrenme yaklaşımıyla değerlendirilmiş ve karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgular, ResNet18'in hem doğruluk hem de eğitim süresi açısından daha dengeli bir performans sunduğunu; MobileNetV3-Large'ın ise doğrulukta küçük bir farkla geride kalmasına rağmen hafif mimarisi sayesinde gömülü sistem uygulamaları için potansiyel taşıdığını göstermektedir.

Gelecek çalışmalarda, yol yüzeyi bozulması sınıflandırma probleminde genelleme başarımını artırmak amacıyla veri artırma stratejilerinin (döndürme, çevirme, parlaklık ve kontrast değişimi, rastgele kırpma vb.) sistematik olarak değerlendirilmesi planlanmaktadır. Ayrıca EfficientNet ailesi [3] ve Vision Transformer mimarisi [8] gibi daha yeni ve güçlü derin öğrenme yaklaşımlarının bu problem kapsamında incelenmesi, farklı model ölçeklerinin doğruluk ve hesaplama maliyeti açısından karşılaştırılmasına olanak sağlayacaktır. Bununla birlikte sınıf dengesizliği ve zor örneklerin öğrenilmesi için focal loss, label smoothing gibi gelişmiş kayıp fonksiyonlarının kullanımı araştırılacaktır. Çalışmanın bir diğer genişletme yönü, farklı şehirler, yol tipleri ve iklim koşullarından elde edilen veri kümeleri üzerinde çapraz alan genelleme performansının test edilmesidir [7]. Son olarak, Grad-CAM gibi açıklanabilir yapay zekâ yöntemlerinin kullanılmasıyla modellerin karar mekanizmalarının görselleştirilmesi ve yol bozulması sınıflandırma sürecinin daha şeffaf hâle getirilmesi hedeflenmektedir.

KAYNAKÇA

[1] He, K., Zhang, X., Ren, S. ve Sun, J., Deep Residual Learning for Image Recognition, *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 770–778, Las Vegas, ABD, 2016.

[2] Paszke, A., Gross, S., Massa, F., Lerer, A., Bradbury, J., Chanan, G., Killeen, T., Lin, Z., Gimelshein, N., Antiga, L. ve diğerleri, PyTorch: An Imperative Style, High-Performance Deep Learning Library, *Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS)*, 8024–8035, Vancouver, Kanada, 2019.

[3] Tan, M. ve Le, Q. V., EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks, *International Conference on Machine Learning (ICML)*, 6105–6114, Long Beach, ABD, 2019.

[4] Howard, A., Sandler, M., Chu, G., Chen, L.-C., Chen, B., Tan, M., Wang, W., Zhu, Y., Pang, R., Vasudevan, V. ve diğerleri, Searching for MobileNetV3, *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 1314–1324, Seul, Güney Kore, 2019.

[5] Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., Blondel, M., Prettenhofer, P., Weiss, R., Dubourg, V. ve diğerleri, Scikit-learn: Machine Learning in Python, *Journal of Machine Learning Research*, 12, 2825–2830, 2011.

[6] TorchVision Library, TorchVision: PyTorch Vision Library, https://pytorch.org/vision/ (Erişim tarihi: 08.12.2025)

[7] Shivam, Road Damage Classification and Assessment Dataset, Kaggle, https://www.kaggle.com/datasets/shivamb/road-damage-classification-and-assessment (Erişim tarihi: 08.12.2025)

[8] Dosovitskiy, A., Beyer, L., Kolesnikov, A., Weissenborn, D., Zhai, X., Unterthiner, T. ve diğerleri, An Image is Worth 16×16 Words: Transformers for Image Recognition at Scale, *International Conference on Learning Representations (ICLR)*, Viyana, Avusturya, 2021.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

MAKİNE ÖĞRENMESİ MODELLERİNİN HİPERPARAMETRE OPTİMİZASYONU İLE DİYABET RİSK TAHMİNİ

Yüksek Lisans Öğrencisi Senanur PAKSOY
Fırat Üniversitesi, senapksy@gmail.com - ORCID ID:0009-0004-5354-1019
Doç. Dr. Feyza ALTUNBEY ÖZBAY
Fırat Üniversitesi, faltunbey@firat.edu.tr - 0000-0003-0629-6888
Doç. Dr. Erdal ÖZBAY
Fırat Üniversitesi, erdalozbay@firat.edu.tr – 0000-0002-9004-4802

ÖZET

Bu çalışma, diyabet hastalığının erken tanısında makine öğrenmesi yöntemlerinin performansını değerlendirmeyi ve hiperparametre optimizasyon tekniklerinin modele etkisini incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışmada Kaggle Diyabet veri seti kullanılmış ve veri temizleme, eksik değer işleme, dengesiz sınıf dağılımını gidermek amacıyla SMOTE uygulaması gerçekleştirilmiştir. Modellemede iki gizli katmanlı bir MLP mimarisi tercih edilmiş; ReLU aktivasyonu, Batch Normalization ve Dropout teknikleri kullanılarak aşırı öğrenme riski azaltılmıştır. Hiperparametre optimizasyonu için Optuna TPE, Hyperopt ve Scikit-Optimize Gaussian Process algoritmaları karşılaştırılmıştır. Değerlendirmede doğruluk, geri çağırma (recall) ve kayıp (loss) metrikleri kullanılmıştır. Sonuçlara göre en yüksek geri çağırma skorunu 0.9056 değeri ile Hyperopt elde etmiş, Scikit-Optimize GP ise en düşük kayıp değeri ile dikkat çekmiştir. Elde edilen bulgular, uygun hiperparametre araması ve optimizasyon tekniklerinin diyabet tahmin modellerinin başarımını önemli ölçüde artırdığını göstermektedir. Bu yönüyle çalışma, sağlık alanında yapay zekâ tabanlı erken tanı modellerinin etkinliğini artırmaya yönelik katkı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler : Diyabet, Makine öğrenmesi, Hiperparametre optimizasyonu, MLP, SMOTE.

1. GİRİŞ

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Diyabet, dünya genelinde yaygınlığı hızla artan kronik bir metabolik bozukluk olup erken dönemde belirti göstermemesi nedeniyle tanı süreci çoğu zaman gecikmektedir. Uluslararası Diyabet Federasyonu'nun 2023 verilerine göre dünya çapında 537 milyon yetişkin diyabet hastası bulunmaktadır ve bu sayının önümüzdeki yıllarda ciddi biçimde artacağı öngörülmektedir [1]. Tip 2 diyabetin uzun yıllar sessiz seyretmesi, hastalığın klinik belirtiler ortaya çıkmadan önce tespit edilmesini zorlaştırmakta ve bu durum sağlık bilişimi alanında risk tahmin modellerinin önemini artırmaktadır. Makine öğrenmesi tabanlı yöntemler, yüksek boyutlu verilerden örüntü çıkarmada başarılı olması nedeniyle diyabet risk tahmini çalışmalarında sıklıkla tercih edilmektedir. Bununla birlikte kullanılan modellerin performansı yalnızca veri işleme adımlarına değil, aynı zamanda hiperparametre tercihlerine de doğrudan bağlıdır. Öğrenme oranı, katman boyutları, düzenlileştirme katsayıları ve optimizasyon yöntemleri gibi hiperparametrelerin doğru seçilmesi, model doğruluğunu ve genellenebilirliğini belirleyen temel unsurlardan biridir.

Son yıllarda hiperparametre optimizasyonu için geliştirilen yöntemler, manuel deneme-yanılma süreçlerinin yerini almış ve sistematik arama stratejileri sayesinde daha etkin sonuçlar üretir hale gelmiştir. Optuna'nın Tree-Structured Parzen Estimator (TPE) algoritması, Hyperopt'un olasılıksal ve stokastik arama stratejileri ile Scikit-Optimize'ın Gaussian Process–Expected Improvement (GP-EI) modeli, literatürde yaygın olarak kullanılan hiperparametre optimizasyon yaklaşımları arasında yer almaktadır [2–4]. Bu algoritmalar farklı arama stratejilerine sahip olmaları nedeniyle çeşitli veri setlerinde değişken performanslar sergilemektedir. Sağlık alanında ise yanlış negatiflerin kritik sonuçlar doğurması sebebiyle geri çağırma (recall) metriği öne çıkmakta, bu durum hiperparametre optimizasyonunun önemini daha da artırmaktadır.

Bu çalışma, diyabet risk tahmini için oluşturulan bir Çok Katmanlı Algılayıcı (MLP) modelinin performansını artırmak amacıyla üç popüler hiperparametre optimizasyon yönteminin sistematik biçimde karşılaştırılmasını hedeflemektedir. Kaggle Diabetes Prediction veri seti üzerinde gerçekleştirilen deneylerde veri ön işleme, dengesiz sınıf dağılımının SMOTE yöntemi ile dengelenmesi ve kategorik-sayısal değişkenlerin uygun dönüşümlerden geçirilmesi gibi adımlar uygulanmış ve tüm yöntemler aynı deney koşullarında değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, sağlık alanında kullanılan yapay zekâ modellerinin güvenilirliğini artırmak için uygun optimizasyon stratejisinin belirlenmesinin kritik olduğunu göstermektedir.

2. İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Diyabet tahmini üzerine yapılan çalışmalar, makine öğrenmesi ve derin öğrenme yöntemlerinin kullanımının artmasıyla birlikte son yıllarda önemli bir ivme kazanmıştır. Erken dönem çalışmalarda lojistik regresyon ve karar ağaçları gibi geleneksel sınıflandırma yöntemleri ön plana çıkarken [5], günümüzde sinir ağı tabanlı modellerin yüksek doğruluk ve esneklik sağlaması sebebiyle daha yaygın hale geldiği görülmektedir.

Çok Katmanlı Algılayıcı (MLP) ve diğer yapay sinir ağı mimarileri, karmaşık ve doğrusal olmayan ilişkileri öğrenme kapasiteleri sayesinde klinik veri setlerinde başarılı sonuçlar sunmuştur [6]. Bununla birlikte bu modellerin performansı, hiperparametrelerin doğru biçimde belirlenmesine büyük ölçüde bağlıdır.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Optuna, Hyperopt ve Scikit-Optimize gibi optimizasyon çerçeveleri, Bayesyen optimizasyon ve stokastik arama temelli yaklaşımlar sunarak hiperparametre seçim sürecini sistematik hâle getirmektedir. Optuna'nın TPE algoritması, geçmiş denemelerden elde edilen olasılık dağılımlarını kullanarak arama uzayında hızlı yakınsama sağlarken [7], Hyperopt stokastik arama stratejileri ile çözüm uzayında daha geniş bir keşif imkânı sunmaktadır [3]. Scikit-Optimize ise Gaussian Process tabanlı modellemesi sayesinde daha dengeli ve kararlı optimizasyon sonuçları üretmektedir [4].

Literatürde bu üç yöntemin aynı veri seti, aynı model mimarisi ve aynı değerlendirme metrikleri altında birlikte karşılaştırıldığı çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Bu çalışma, söz konusu boşluğu doldurmayı ve hiperparametre optimizasyon yöntemlerinin diyabet risk tahmini bağlamındaki göreli performanslarını sistematik biçimde ortaya koymayı amaçlamaktadır.

3. YÖNTEM

Bu çalışmada diyabet risk tahmini amacıyla makine öğrenmesi tabanlı çok katmanlı bir yapay sinir ağı modeli kullanılmıştır. Modelin başarımını artırmak için veri ön işleme adımları dikkatle uygulanmış ve hiperparametre optimizasyonu süreci sistematik biçimde ele alınmıştır. Kullanılan tüm yöntemler ve deneysel süreçler aynı koşullar altında gerçekleştirilerek adil bir karşılaştırma sağlanmıştır.

3.1. Veri Seti

Çalışmada Kaggle platformu üzerinden erişilebilen *Diabetes Prediction Dataset* kullanılmıştır. Veri seti bireylerin demografik bilgilerini, yaşam tarzı alışkanlıklarını ve bazı klinik göstergelerini içermektedir. Veri seti; yaş, cinsiyet, vücut kitle indeksi (BMI), HbA1c seviyesi, kan glukoz düzeyi, hipertansiyon ve kalp hastalığı bilgileri gibi değişkenlerden oluşmakta olup hedef değişken olarak bireyin diyabet durumu kullanılmıştır. Gerçek klinik senaryoları daha doğru yansıtabilmek adına veri setindeki yinelenen kayıtlar temizlenmiş ve "Other" kategorisine ait cinsiyet verileri çalışmadan çıkarılmıştır. Çalışmada kullanılan veri seti Kaggle platformu üzerinden temin edilmiştir [10].

3.2. Veri Ön İşleme

Modelleme sürecinden önce veri seti üzerinde çeşitli ön işleme adımları uygulanmıştır. Sayısal değişkenler, modelin daha hızlı ve kararlı şekilde öğrenebilmesi amacıyla *StandardScaler* yöntemi kullanılarak standartlaştırılmıştır. Kategorik değişkenler ise One-Hot Encoding yöntemi ile sayısal forma dönüştürülmüştür. Diyabet veri setlerinde sıklıkla karşılaşılan dengesiz sınıf dağılımı problemi, sentetik veri üretmeye dayalı olan SMOTE (Synthetic Minority Over-sampling Technique) yöntemi ile giderilmiştir. Bu sayede azınlık sınıfa ait örnek sayısı artırılarak modelin her iki sınıfı da öğrenebilmesi sağlanmıştır. Eğitim ve test veri setleri, hedef değişkenin dağılımı korunacak şekilde %80–%20 oranında ayrılmıştır.

3.3. Çok Katmanlı Algılayıcı (MLP) Modeli

Çalışmada kullanılan sınıflandırıcı model iki gizli katmandan oluşan bir Çok Katmanlı Algılayıcı (Multilayer Perceptron, MLP) mimarisidir. Gizli katmanlarda doğrusal olmayan ilişkilerin öğrenilebilmesi amacıyla ReLU aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Aşırı

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

öğrenmeyi (overfitting) önlemek için her gizli katmanın ardından Batch Normalization ve Dropout katmanları eklenmiştir. Çıkış katmanında ikili sınıflandırma problemine uygun olarak sigmoid aktivasyon fonksiyonu tercih edilmiştir.

Modelin eğitim sürecinde kayıp fonksiyonu olarak ikili sınıflandırma problemleri için yaygın şekilde kullanılan Binary Cross-Entropy fonksiyonu uygulanmıştır. Bu fonksiyon aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır:

$$L = -\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(y_i log(\hat{y}_i) + (1-y_i) log(1-\hat{y}_i)\right)$$

Burada y_i gerçek sınıf etiketini, $\hat{y}_i$ model tarafından tahmin edilen olasılığı ve N toplam örnek sayısını ifade etmektedir.Binary Cross-Entropy kayıp fonksiyonu literatürde yaygın olarak kullanılan bir ölçüt olup [9]'da ayrıntılı olarak tanımlanmaktadır.

3.4 Hiperparametre Optimizasyonu

MLP modelinin başarımı, seçilen hiperparametrelere doğrudan bağlı olduğu için bu çalışmada üç farklı hiperparametre optimizasyon yöntemi karşılaştırılmıştır. Optuna çerçevesi, Tree-Structured Parzen Estimator (TPE) algoritmasını kullanarak olasılıksal bir arama stratejisi sunmakta ve önceki denemelerden elde edilen bilgiye dayanarak daha umut verici hiperparametre kombinasyonlarını tercih etmektedir [2].

Hyperopt yöntemi, olasılıksal modelleme ve stokastik arama yaklaşımlarını birleştirerek çözüm uzayında geniş keşif yapılmasına olanak tanımakta ve yerel minimumlara sıkışma riskini azaltmaktadır [3]. Scikit-Optimize yaklaşımı ise Gaussian Process tabanlı modelleme ve Expected Improvement ölçütü ile daha dengeli ve kararlı bir optimizasyon süreci yürütmektedir [4].

Tüm optimizasyon yöntemlerinde öğrenme oranı, gizli katmanlardaki nöron sayıları, dropout oranları, batch size ve epoch sayısı gibi temel hiperparametreler optimize edilmiştir. Sağlık alanındaki uygulamalarda yanlış negatif tahminlerin ciddi sonuçlar doğurabilmesi nedeniyle, optimizasyon sürecinde hedef fonksiyon olarak geri çağırma (recall) metriği esas alınmıştır.

4. DENEYSEL SONUÇLAR

Bu bölümde, önerilen iki gizli katmanlı Çok Katmanlı Algılayıcı (MLP) modelinin farklı hiperparametre optimizasyon yöntemleri altında elde ettiği sınıflandırma performansları sunulmakta ve elde edilen sonuçlar nicel metrikler üzerinden karşılaştırmalı olarak değerlendirilmektedir. Deneyler, tüm optimizasyon yöntemleri için aynı eğitim ve test veri setleri kullanılarak gerçekleştirilmiş olup, bu sayede elde edilen sonuçların doğrudan karşılaştırılabilir olması sağlanmıştır. Model performansının değerlendirilmesinde doğruluk (accuracy), geri çağırma (recall) ve kayıp (loss) metrikleri temel alınmıştır.

Sağlık alanındaki sınıflandırma problemlerinde yanlış negatif tahminlerin ciddi klinik riskler oluşturması nedeniyle, değerlendirme sürecinde geri çağırma (recall) metriğine özel önem verilmiştir. Geri çağırma metriği, diyabetli bireylerin doğru şekilde tespit edilme oranını ifade etmekte olup, erken tanı açısından kritik bir performans göstergesi olarak kabul edilmektedir.

4.1. Nicel Performans Karşılaştırması

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Optuna TPE yöntemi kullanılarak optimize edilen MLP modeli, test veri seti üzerinde 0.8906 doğruluk ve 0.8985 geri çağırma değerine ulaşmıştır. Bu sonuçlar, Optuna tabanlı optimizasyon yaklaşımının genel olarak dengeli bir sınıflandırma performansı sunduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, geri çağırma değerinin diğer yöntemlere kıyasla daha düşük olması, bazı diyabetli bireylerin sınıflandırılmasında kaçırma riskinin bulunduğunu ortaya koymaktadır.

Hyperopt yöntemi ile optimize edilen model, 0.8882 doğruluk değerine sahip olmasına rağmen 0.9056 geri çağırma skoru ile en yüksek duyarlılığa ulaşmıştır. Bu durum, Hyperopt'un stokastik arama yaklaşımının çözüm uzayında daha geniş bir keşif yapabilmesi ve azınlık sınıfa ait örneklerin daha etkin öğrenilmesini sağlaması ile açıklanabilir. Bu özellik, özellikle dengesiz veri setlerinde sağlık alanı uygulamaları için önemli bir avantaj sunmaktadır.

Scikit-Optimize Gaussian Process yöntemi ile optimize edilen MLP modeli, 0.8926 doğruluk ve 0.9003 geri çağırma değerlerine ulaşmıştır. Ayrıca bu yöntemin elde ettiği kayıp (loss) değerinin diğer yöntemlere kıyasla daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu bulgu, Gaussian Process tabanlı optimizasyonun modelin genel hata seviyesini azaltmada ve öğrenme sürecini daha kararlı hale getirmede etkili olduğunu göstermektedir.

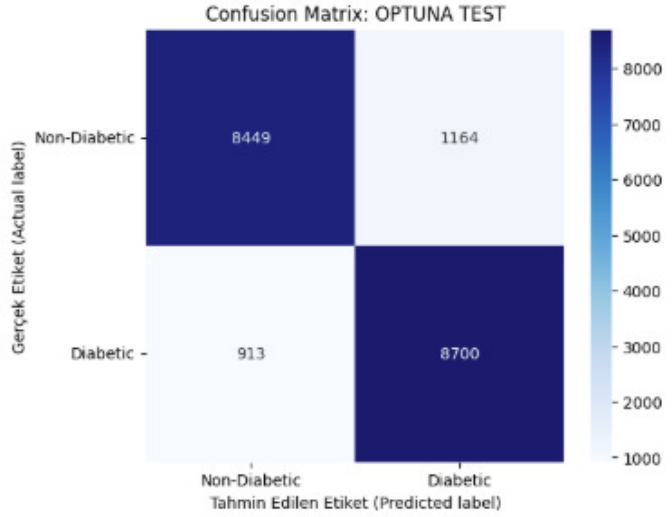
Çizelge 1. Bayesyen Hiperparametre Optimizasyon Yöntemlerinin Performans Sonuçları

Yöntem	**Accuracy**	**Recall**	**Loss**
Optuna_TPE	0.8907	0.8986	0.1948
Hyperopt	0.8883	**0.9057**	0.2014
ScikitOpt_GP	**0.8927**	0.9004	**0.1855**

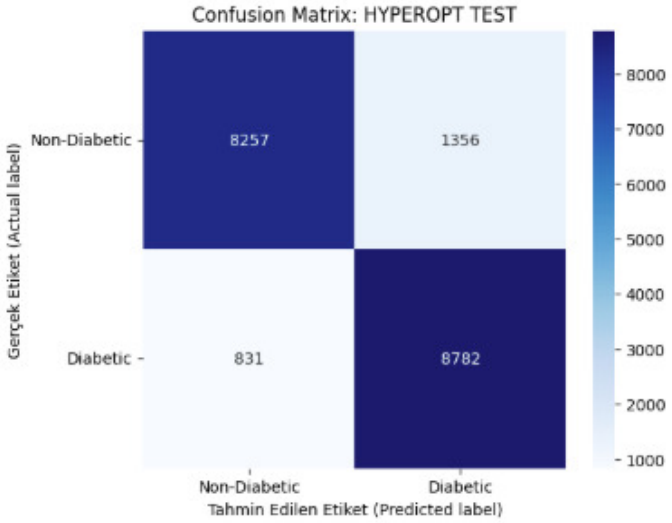
Optimizasyon yöntemlerine ait doğruluk, geri çağırma ve kayıp metrikleri Çizelge 1'de karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır. Sonuçlar incelendiğinde, hiperparametre optimizasyonunun model performansı üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğu açıkça görülmektedir.

MLP modelinin farklı hiperparametre optimizasyon yöntemleri ile elde edilen sınıflandırma sonuçlarının ayrıntılı analizi amacıyla oluşturulan confusion matrix'ler Görsel 1, Görsel 2, ve Görsel 3'te sunulmaktadır. Bu görseller, Optuna TPE, Hyperopt ve Scikit-Optimize Gaussian Process yöntemlerine ait sınıflandırma performanslarını karşılaştırmalı olarak göstermektedir. Bu görseller, modelin yanlış pozitif ve yanlış negatif tahminlerinin dağılımını açık biçimde ortaya koymakta olup, SMOTE tabanlı sınıf dengeleme yaklaşımının azınlık sınıf üzerindeki olumlu etkisini göstermektedir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

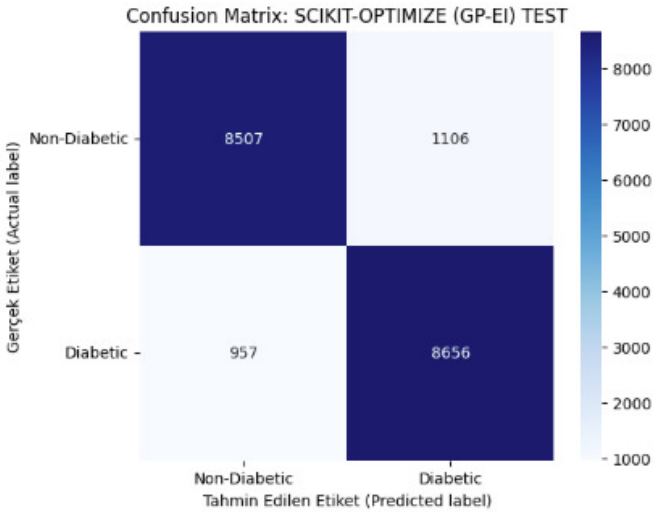


Görsel 1. Optuna TPE ile optimize edilen MLP modeline ait confusion matrix



Görsel 2. Hyperopt ile optimize edilen MLP modeline ait confusion matrix

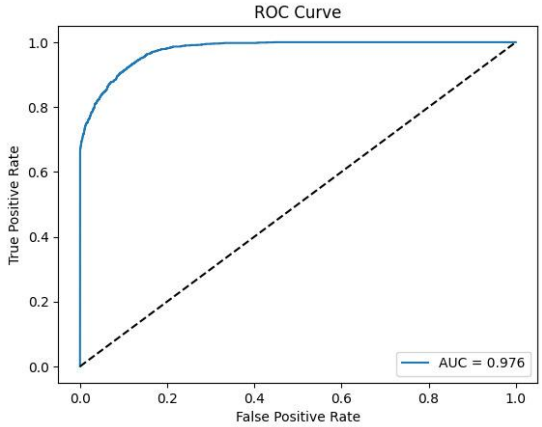
ISBN NR: 978-625-5694-58-4



Görsel 3. Scikit-Optimize Gaussian Process ile optimize edilen MLP modeline ait confusion matrix

Confusion matrix sonuçları incelendiğinde, Hyperopt yöntemi ile optimize edilen MLP modelinin diyabetli bireyler için yanlış negatif (FN) sayısını en düşük seviyeye indirdiği görülmektedir. Bu durum, yüksek geri çağırma performansını açıklamakta ve diyabetli bireylerin gözden kaçırılma olasılığını azaltması bakımından klinik açıdan önemli bir avantaj sunmaktadır. Scikit-Optimize Gaussian Process yöntemi ise daha dengeli bir doğru sınıflandırma dağılımı sergilemiştir.

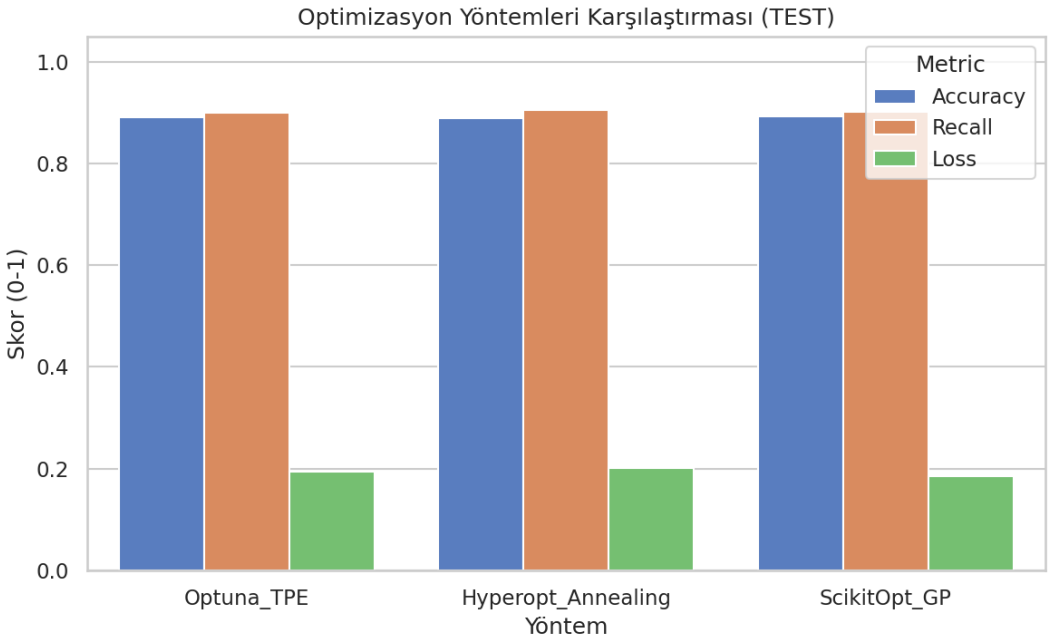
Modelin ayırt edici gücünü değerlendirmek amacıyla ROC (Receiver Operating Characteristic) analizi gerçekleştirilmiştir. Görsel 4'te sunulan ROC eğrisi incelendiğinde, modelin ayırt edici gücünün yüksek olduğu ve elde edilen AUC değerinin sınıflandırma başarımını güçlü biçimde yansıttığı görülmektedir [7]. AUC değerlerinin birbirine oldukça yakın olması, kullanılan MLP mimarisinin genel sınıflandırma kapasitesinin güçlü olduğunu ortaya koymaktadır. Buna karşın yöntemler arasındaki temel performans farklarının, ROC eğrilerinden ziyade yanlış negatif ve yanlış pozitif tahmin dağılımlarında belirginleştiği görülmektedir.



Görsel 4. MLP modeli için ROC eğrisi (AUC = 0.976)

Farklı hiperparametre optimizasyon yöntemlerinin performans metrikleri üzerindeki etkisi ise Görsel 5'te karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır. Bu görsel, accuracy, recall ve loss metriklerinin yöntemlere göre değişimini net bir şekilde ortaya koymaktadır.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4



Görsel 5. Optuna, Hyperopt ve Scikit-Optimize yöntemlerinin Accuracy, Recall ve Loss skorları.

5. TARTIŞMA

Elde edilen nicel sonuçlar, farklı hiperparametre optimizasyon yaklaşımlarının model performansı üzerinde farklı güçlü yönler sunduğunu ortaya koymaktadır. Hyperopt yönteminin en yüksek geri çağırma değerine ulaşması, stokastik arama yaklaşımının çözüm uzayında daha geniş bir keşif yapabilmesi ve azınlık sınıfa ait örneklerin daha etkin öğrenilmesini sağlamasıyla açıklanabilir. Bu özellik, özellikle dengesiz veri setlerinde sağlık alanı uygulamaları için önemli bir avantaj sunmaktadır.

Scikit-Optimize Gaussian Process yöntemi ise daha düşük kayıp değeri ile modelin genel hata seviyesini minimize etmiştir. Gaussian Process tabanlı yaklaşımlar, önceki denemelerden öğrenilen belirsizlik bilgisini kullanarak daha dengeli ve kararlı bir optimizasyon süreci yürütmektedir. Bu durum, modelin genelleme yeteneğini artıran önemli bir faktör olarak değerlendirilmektedir.

Optuna TPE yöntemi genel olarak dengeli bir performans sunmasına rağmen, geri çağırma metriği açısından diğer yöntemlere kıyasla daha düşük bir sonuç vermiştir. Bu bulgu, sağlık alanındaki uygulamalarda tek başına doğruluk metriğine odaklanmanın yeterli olmadığını, geri çağırma gibi duyarlılık odaklı metriklerin daha öncelikli değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Sonuç olarak, SMOTE ile desteklenen veri ön işleme süreci ve uygun hiperparametre optimizasyon yöntemleri birlikte değerlendirildiğinde, diyabet gibi erken tanının kritik olduğu hastalıkların tahmininde sınıflandırma başarımının anlamlı şekilde artırılabileceği görülmektedir.

6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, diyabet hastalığının erken tanısına yönelik olarak makine öğrenmesi tabanlı bir sınıflandırma modeli geliştirilmiş ve farklı hiperparametre optimizasyon yöntemlerinin model

performansı üzerindeki etkileri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. İki gizli katmandan oluşan Çok Katmanlı Algılayıcı (MLP) mimarisi kullanılarak elde edilen sonuçlar, uygun veri ön işleme adımları ve etkili hiperparametre arama stratejilerinin sınıflandırma başarımını anlamlı biçimde artırdığını göstermiştir.

Elde edilen deneysel sonuçlar, hiperparametre optimizasyonunun yalnızca doğruluk metriğini değil, özellikle sağlık alanındaki uygulamalarda kritik öneme sahip olan geri çağırma (recall) metriğini de doğrudan etkilediğini ortaya koymuştur. Optuna TPE yöntemi dengeli bir performans sunarken, Hyperopt yöntemi diyabetli bireylerin tespitinde en yüksek geri çağırma değerine ulaşmıştır. Scikit-Optimize Gaussian Process yöntemi ise en düşük kayıp değeri ile daha kararlı bir öğrenme süreci sağlamıştır. Bu durum, farklı optimizasyon yöntemlerinin farklı performans kriterleri açısından avantajlar sunduğunu ve tek bir yöntemin her senaryo için en iyi çözüm olmayabileceğini göstermektedir.

Çalışmada uygulanan SMOTE tabanlı sınıf dengeleme yöntemi sayesinde azınlık sınıfa ait örneklerin daha etkin şekilde öğrenildiği ve yanlış negatif tahminlerin azaltıldığı gözlemlenmiştir. Bu bulgu, erken teşhisin kritik olduğu diyabet gibi kronik hastalıkların tahmininde dengesiz veri setleriyle çalışırken veri ön işleme adımlarının önemini açık şekilde ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak bu çalışma, makine öğrenmesi modellerinde hiperparametre optimizasyonunun yalnızca model performansını artırmakla kalmadığını, aynı zamanda klinik açıdan daha güvenilir ve duyarlı sonuçlar elde edilmesini sağladığını göstermektedir. Elde edilen bulgular, yapay zekâ tabanlı karar destek sistemlerinin sağlık alanında daha etkin kullanılabilmesi adına önemli bir katkı sunmaktadır. Gelecek çalışmalarda farklı derin öğrenme mimarilerinin incelenmesi, daha geniş veri setleriyle testler yapılması ve klinik verilerle entegrasyon sağlanması planlanmaktadır.

Bulgular, özellikle sağlık alanındaki erken tanı uygulamalarında, model seçiminde yalnızca doğruluk ölçütlerinin değil, yanlış negatif oranlarını minimize eden metriklerin de dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

KAYNAKÇA

[1] International Diabetes Federation, *IDF Diabetes Atlas*, 10. Baskı, International Diabetes Federation, Brüksel, 2023.

[2] Akiba, T., Sano, S., Yanase, T., Ohta, T. ve Koyama, M., Optuna: A Next-Generation Hyperparameter Optimization Framework, *Proceedings of the 25th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 2623–2631, Anchorage, ABD, 2019.

[3] Bergstra, J., Yamins, D. ve Cox, D. D., Making a Science of Model Search: Hyperparameter Optimization in Hundreds of Dimensions for Vision Architectures, *International Conference on Machine Learning (ICML)*, 115–123, Atlanta, ABD, 2013.

[4] Head, T., Louppe, G., Shcherbatyi, I. ve diğerleri, Scikit-Optimize: Sequential Model-Based Optimization with Python, *Journal of Machine Learning Research*, cilt 18, ss. 1–5, 2018.

[5] Alberts, M., Urdal, P., Steyn, K., Stensvold, I., Tverdal, A., Nel, J. H. ve Levitt, N. S., Prevalence of Cardiovascular Diseases and Associated Risk Factors in a Rural Black Population of South Africa, *Cardiovascular Journal of Africa*, cilt 10, ss. 234–241, 1999.

[6] Choi, J. Y., Kim, H. C. ve Kim, J. Y., Prediction of Diabetes Mellitus Using Artificial Neural Network, *Journal of Biomedical Informatics*, cilt 99, 2019.

[7] Snoek, J., Larochelle, H. ve Adams, R. P., Practical Bayesian Optimization of Machine Learning Algorithms, *Advances in Neural Information Processing Systems*, cilt 25, 2951–2959, 2012.

[8] Chawla, N. V., Bowyer, K. W., Hall, L. O. ve Kegelmeyer, W. P., SMOTE: Synthetic Minority Over-Sampling Technique, *Journal of Artificial Intelligence Research*, cilt 16, ss. 321–357, 2002.

[9] Goodfellow, I., Bengio, Y., and Courville, A., *Deep Learning*, MIT Press, Cambridge, 2016.

[10] Kaggle, Diabetes Prediction Dataset,

https://www.kaggle.com/datasets/iammustafatz/diabetes-prediction-dataset (Erişim tarihi: 09.12.2025)

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

KRONİK HASTALIKLARIN ÖZ YÖNETİMİNDE HEMŞİRELİK YAKLAŞIMLARI: BİBLİYOMETRİK ANALİZ

Uzm. Hem. Sema YABACI

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü,
sema.yabaci@gop.edu.tr- ORCID: 0000-0002-8883-7694

Prof. Dr. Hatice TEL AYDIN

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi,
htel@cumhuriyet.edu.tr- ORCID: 0000-0002-1518-8080

ÖZET

Amaç: Bu çalışma ile kronik hastalıklarda öz yönetim süreçlerinin hemşirelik yaklaşımıyla nasıl desteklendiğini bibliyometrik yöntemlerle ortaya koyarak, alandaki araştırma eğilimlerini, tematik yoğunlaşmaları ve bilimsel katkıları kapsamlı bir şekilde analiz etmek amaçlanmıştır.

Yöntemler: Bu çalışma tanımlayıcı ve retrospektif bir bibliyometrik araştırma çalışmasıdır. Bu araştırma Scopus veri tabanında "kronik hastalıklar", "öz yönetim" ve "hemşirelik" anahtar kelimeler kullanılarak 2010-2023 tarihlerini kapsayan 213 doküman ile gerçekleştirilmiştir. Scopus veri tabanında arama stratejileri kapsamında bulunan makalelerin performans analizi ve bilimsel haritalama için R yazılımı, sonuçların görselleştirilmesi için anahtar kelime analizinde VOSviewer yazılımı kullanılmıştır.

Bulgular: Çalışmada 2010-2023 yılları arasında 213 makale olduğu tespit edilmiş ve bu makaleler 130 dergide yayınlanmıştır. Yayınların yıllık artış oranı 6.88, yayınların ortalama yaşı 5.92 yıl ve ortalama atıfları 26.26 olarak tespit edilmiştir. 1160 yazardan 7'sinin tek başına yayın yaptığı ve yazarların uluslararası işbirliği %19.72 olarak tespit edilmiştir. 2022 yılı kronik hastalıklar, öz yönetim ve hemşirelik ile yapılan araştırmalarda en yüksek artışın yaşandığı yıl olmuştur. Stellefson M. vd. tarafından "The Chronic Care Model and Diabetes Management in US Primary Care Settings: A Systematic Review" başlıklı makale en önemli dokümanlar arasında ilk sırada yer almaktadır. Journal of Advanced Nursing dergisi bu konuda en çok yayın yapan dergi olmuştur. En çok yayın yapan ülke Amerika Birleşik Devletleri'dir. Anahtar kelime analizinde; 'health education, chronic disease management, mhealth, patient empowement' anahtar kelimelerinin yoğun olarak çalışıldığı tespit edilmiştir. Anahtar kelimelerin tematik analizinde "nursing education, educational program, disease managament, community health nursing, interprofessional education" kelimelerin literatüre daha yeni girmiş anahtar kelimeler olarak belirlenmiştir.

Sonuç: Bu analiz, kronik hastalıklarda öz yönetim ve hemşirelik yaklaşımları konusunda kapsamlı bir bakış açısı sunmaktadır. Kronik hastalıkların giderek artan küresel yükü ile bağlantılı olarak öz yönetim ve hemşirelik yaklaşımlarını içeren çalışmalar son yıllarda artma eğilimindedir ve bu çalışmalar çoğunlukla kronik hastalık yükü yüksek olan ülkelerde önem kazanmaktadır. Çalışmalar özellikle hasta merkezli, teknoloji destekli ve eğitim odaklı hemşirelik müdahaleleri üzerine yoğunlaşıldığını göstermektedir. Bulgularımız öz yönetim ve hemşirelik alanındaki artan araştırma eğiliminin önemini desteklemektedir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Anahtar Kelimeler: Kronik hastalıklar, Öz Yönetim, Hemşirelik, Bibliyometrik Analiz, Bilimsel Haritalama, Scopus

NURSING APPROACHES IN SELF-MANAGEMENT OF CHRONIC DISEASES: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS

ABSTRACT

Aim: This study aimed to comprehensively analyze how self-management processes in chronic diseases are supported through nursing approaches using bibliometric methods, and to identify research trends, thematic concentrations, and scientific contributions in the field.

Methods: This study is a descriptive and retrospective bibliometric research. The analysis was conducted using 213 documents published between 2010–2023 that were retrieved from the Scopus database with the keywords "chronic diseases," "self-management," and "nursing." R software was used for performance analysis and scientific mapping of the articles obtained from Scopus, while VOSviewer software was used for visualizing the results through keyword analysis.

Results: A total of 213 articles published between 2010 and 2023 were identified, appearing across 130 journals. The annual growth rate of publications was 6.88%, with an average publication age of 5.92 years and an average citation count of 26.26. Of the 1,160 authors, 7 published as sole authors, and the rate of international collaboration was 19.72%. The year 2022 showed the highest increase in research on chronic diseases, self-management, and nursing. Among the most influential documents, the article titled *"The Chronic Care Model and Diabetes Management in US Primary Care Settings: A Systematic Review"* by Stellefson M. et al. ranked first. The *Journal of Advanced Nursing* was identified as the leading journal in this area. The United States was the country with the highest number of publications. Keyword analysis revealed that "health education, chronic disease management, mHealth, patient empowerment" were the most frequently studied concepts. Thematic analysis of keywords indicated that "nursing education, educational program, disease management, community health nursing, interprofessional education" are emerging terms recently entering the literature.

Conclusion: This analysis provides a comprehensive perspective on self-management and nursing approaches in chronic diseases. In line with the increasing global burden of chronic diseases, studies involving self-management and nursing approaches have shown a rising trend in recent years, particularly in countries with a high burden of chronic conditions. The findings indicate that research primarily focuses on patient-centered, technology-supported, and education-oriented nursing interventions. Our results support the significance of the growing research trend in the field of self-management and nursing.

Keywords: Chronic diseases, Self-management, Nursing, Bibliometric analysis, Scientific mapping, Scopus

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

1. GİRİŞ

Kronik hastalıklar artan prevalans ve yüksek mortalite oranları nedeniyle en önemli halk sağlığı sorunlarından biridir (World Health Organization- WHO, 2025). Kronik hastalıklar bir yıl veya daha uzun süren, devamlı tıbbi müdahale gerektiren ve günlük yaşam aktivitelerini kısıtlayan durumlar olarak tanımlanmıştır **(**Centers for Disease Control and Prevention – CDC, 2024). Kardiyovasküler hastalıklar, kanserler, kronik solunum yolu hastalıkları ve diyabet başlıca kronik hastalık tipleridir ve bu dört hastalık 70 yaşından önce gerçekleşen (erken ölümlerin) tüm ölümlerin %80'ini oluşturmaktadır. Dünya Sağlık Örgütüne göre 2021 yılında en az 43 milyon kişi kronik hastalıklar nedeniyle hayatını kaybetmiştir ve bu sayı küresel çapta pandemi dışı ölümlerin %75'ini oluşturmaktadır. Bu ölümlerin büyük çoğunluğu (%73) düşük ve orta gelirli ülkelerde meydana gelmiştir (WHO, 2025). Kronik hastalıklar, günümüzde küresel hastalık yükünün en büyük bileşenini oluşturarak sağlık sistemleri üzerinde artan bir baskı yaratmaktadır. Küresel hastalık yükü (Global Burden of Disease; GBD) çalışmasının son verilerine göre 2023 yılında küresel ölçekte yaklaşık 2,80 milyar engellilik ve erken ölüm yıllarının 1,80 milyarı kronik hastalıklara atfedilmektedir (GBD, 2025). Bu durum kronik hastalıkların hem mortalite hem de engelliliğe bağlı yaşam yılı kayıplarında belirleyici rol oynadığını göstermektedir. Tütün ve alkol kullanımı, sağlıksız beslenme ve yetersiz fiziksel aktivite kronik hastalıkların davranışsal risk faktörlerini oluşturmaktadır. Bu davranışsal risk faktörleri kronik hastalık riskini arttıran dört temel metabolik değişikliğe neden olur (CDC, 2024; WHO, 2025). Bunlar; yüksek kan basıncı, aşırı kilo/obezite, yüksek kan şekeri seviyeleri ve anormal kan lipitleridir (WHO, 2025).

Kronik hastalıkların kontrol altına alınmasında en önemli yaklaşımlardan biri kronik hastalıklarla ilişkili risk faktörlerinin azaltılmasıdır. Kronik hastalıkların yönetimi ise; bu hastalıkların tespit, tarama ve tedavisini; gerektiğinde palyatif bakımın alınmasını içermektedir (WHO, 2025). Birçok kronik hastalığın seyrini yavaşlatan tedaviler geliştirmiş olsa da, hastalık yönetimi artık hastaların uzun vadeli tedaviye uyumunu desteklemek için onlarla iş birliği yapmayı gerektirmektedir. Bu işbirliği, hastaların beslenme, egzersiz ve ilaç kullanımı gibi yaşam tarzı değişikliklerini benimseyip sürdürmesini ve sağlık ekibi ile olan iletişimlerini etkin şekilde yönetmesini içerir (Allegrante vd. 2019). Geleneksel tıbbi model maliyetli ve sınırlı etkisi nedeniyle kronik hastalıkların etkin şekilde yönetiminde yetersiz kalmaktadır (Wagner vd., 2001; Allegrante vd. 2019). Bu nedenle kronik hastalıklarda hasta için mümkün olan en iyi sağlık sonuçlarını içeren işbirlikçi bakım ve öz yönetim eğitimi de içeren hasta-hemşire ortaklığı gerektiren bir kronik hastalık tedavi paradigması ortaya çıkmıştır (Allegrante, 2018; Bodenheimer vd., 2002; Grady & Gough, 2014; Holman & Lorig, 2000; Lorig & Holman, 2003; Peterson vd., 2014).

Öz yönetim, bireylerin kronik hastalık süreci boyunca hastalıklarını günlük yaşamlarında aktif biçimde yönetme becerisi olarak tanımlanmaktadır (Anekwe & Rahkovsky, 2018; Grady & Gough, 2014; Jonkman vd. 2016). Başka bir tanım da ise öz yönetim; sosyal destek sistemleri ve sağlık hizmeti sağlayıcılarıyla iş birliği içinde kronik hastalıkların sonuçlarıyla yaşama konusunda içsel olarak kontrol edilen bir beceri olarak açıklanmıştır (Van de Velde vd., 2019). Bu beceri, semptom kontrolü, ilaç kullanımının düzenlenmesi, sağlık davranışlarının sürdürülmesi ve psikososyal uyumun sağlanmasını kapsamaktadır (Billany vd., 2023; Chen vd., 2025; Huang vd., 2024). Etkili bir öz-yönetim yaklaşımı, bireylerin yalnızca bilgi edinmelerini

değil, aynı zamanda öz yeterlik, motivasyon ve davranış değişikliği becerilerini de geliştirmelerini gerektirir (Timmermans vd., 2023). Hemşire rehberliği, bu süreçte bireylerin sağlık durumlarını izleme, karar verme ve yönetme becerilerini destekleyerek, öz yönetim uygulamalarını güçlendiren merkezi bir rol oynar. Böylece bireyler, hemşireler ve diğer sağlık profesyonelleriyle iş birliği içinde kendi sağlık sorumluluklarını üstlenirler (Tharani vd. 2021). Hemşire liderliğinde uygulanan eğitim ve destek programlarının hastaların semptom kontrolü, ilaç uyumu, yaşam tarzı değişiklikleri ve psikososyal yönetimlerini geliştirdiğini göstermektedir (Ayat Ali vd., 2021; Bashir & Ahmad, 2024). Hemşirelerin öz yönetim stratejilerine etki düzeyinin incelendiği bir sistematik derlemede (Coster ve Norman, 2020); hemşirelerin % 78'inin müdahaleleri bağımsız olarak veya profesyonel ekibin bir üyesi olarak yürüttükleri ve kronik hastalık yönetiminde başarılı oldukları bildirilmiştir. Hemşirelik bakımının dijital sağlıkla birleştirilmesi, öz yönetim stratejileri geliştirilmesine katkıda bulunarak hasta bireylerin sağlık sonuçlarının iyileştirilmesine katkıda bulunmuştur (Troncoso & Breads, 2021). Bir sistematik incelemede hemşire liderliğindeki uzaktan dijital destek müdahalelerinin öz yönetim kapasitesini, sağlık sonuçlarını, sağlık hizmeti kaynak kullanımını ve bakım memnuniyetini önemli ölçüde iyileştirdiğini göstermektedir (Kilfoy vd. 2024).

Kronik hastalıkların giderek artan küresel yükü göz önüne alındığında (GBD, 2025), hastaların etkili öz yönetim becerilerinin güçlendirilmesi sağlık hizmetlerinin temel hedeflerinden biri hâline gelmiştir. Öz yönetim; çok boyutlu süreçleri (semptom takibi, ilaç yönetimi, yaşam tarzı değişikliklerinin sürdürülmesi ve hastalığa uyum) içermekte ve süreçlerin etkinliği de hastaların sağlık sonuçlarını doğrudan etkilemektedir (Billany vd., 2023; Huang et al., 2024). Hemşireler, kronik hastalığa sahip bireylerde öz yönetim davranışlarını geliştirmek için eğitim, danışmanlık ve izlem yoluyla kritik bir rol üstlenmektedir. Hemşirelik uygulamaları kronik hastalığa sahip bireylerin öz yönetim becerilerini belirgin şekilde arttırmaktadır (Ayat Ali vd., 2021; Bashir & Ahmad, 2024; Coster ve Norman, 2020; Kilfoy vd. 2024; Wu et al., 2022). Tüm bu bulgular, hemşirelik uygulamalarının öz yönetim sürecinde vazgeçilmez bir yere sahip olduğunu gösterir. Aynı zamanda gelişen teknoloji ile de dijital destekli hemşirelik uygulamalarının gelecekte daha da yaygınlaşarak kronik hastalıkların öz yönetiminde etkili olacağını göstermektedir.

Bibliyometrik analiz, bir araştırma alanındaki bilimsel yayınların nicel ve nitel özelliklerini inceleyerek, bilgi üretim eğilimlerini, atıf ilişkilerini, araştırma iş birliklerini ve tematik odakları ortaya koyan sistematik bir yöntemdir (Donthu vd. 2021). Bu analiz, alanın entelektüel yapısını, gelişim dinamiklerini ve araştırma boşluklarını belirlemeye olanak tanır ve böylece gelecekteki çalışmalar için stratejik yönlendirme sağlar (Zupic & Cater, 2015).

Bu kapsamlı bibliometrik analiz ile kronik hastalıklar, öz yönetim ve hemşirelik alanında yapılan akademik çalışmalar farklı bir açıdan değerlendirilmiştir. Bilimsel kilometre taşları belirlenip, etkili isimlerin peşinden gidilerek hemşirelik alanında gelişen araştırma sınırları haritalandırılmıştır. Kronik hastalıklar, öz yönetim ve hemşirelik araştırmalarının gelişimine katkıda bulunan temel makaleleri, dergileri ve araştırmacıları belirlemek üzere bibliyometrik performans göstergeleri kullanılarak tanımlayıcı bir çalışma yapılması hedeflenmiştir. Bu çalışma ile kronik hastalıklar, öz yönetim ve hemşirelik ile ilgili araştırmaların zengin dokusunu ortaya çıkarmaya, sürekli gelişme gösteren hemşirelik biliminin dününü ve bugününü bağlamaya çalışılmıştır.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

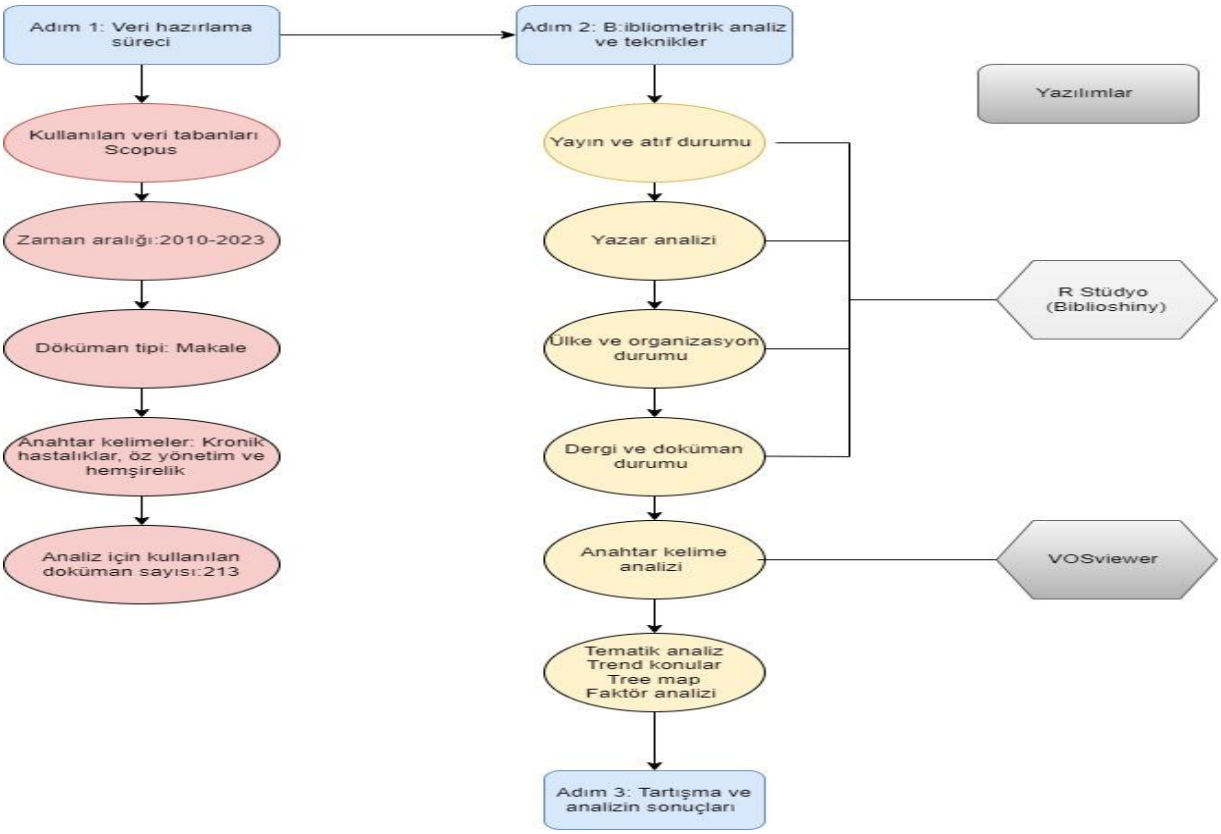
Kronik hastalıklarda öz yönetim, hemşirelik bakımının temel bileşenlerinden biri olmasına rağmen, bu alandaki bilimsel üretimin yönü, yoğunluğu ve araştırma eğilimleri tam olarak ortaya konmamıştır. Öz yönetim kavramının uygulama alanı, teknolojik yenilikler, hemşire liderliğindeki girişimler ve kronik hastalık yükündeki artışla birlikte hızla genişlemektedir. Bu nedenle, literatürde kronik hastalıklar ve öz yönetim konusunun nasıl ele alındığını, hangi temalarda yoğunlaşıldığını, hangi ülkeler ve araştırmacılar tarafından üretildiğini değerlendirmek için bu bibliyometrik çalışma güçlü bir yöntem sunmaktadır.

Bu çalışmanın aşağıdaki sorulara cevap vermesi amaçlanmaktadır:

- Kronik hastalıklar, öz yönetim ve hemşirelik ile ilgili araştırmaların büyüme eğilimi ve atıf durumu nedir?
- Alanda en çok atıf alan lider yazarlar kimlerdir?
- En çok atıf alan dokümanlar, dergiler ve ülkeler hangileridir?
- Kronik hastalıklar, öz yönetim ve hemşirelik uygulamalarında temel araştırma noktaları ve tematik konular nelerdir?
- En çok atıf alan yayın hangisidir?

2. MATERYAL ve METOT

Bu bibliyometrik analiz çalışmasının işlem adımları görsel 1 de özetlenmiştir.



Görsel 1: Bibliometrik analizin akış diyagramı

2.1.Çalışmanın tasarımı

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Bu çalışma, tanımlayıcı, retrospektif bir bibliyometrik araştırma çalışmasıdır. Kronik hastalılar, öz yönetim ve hemşirelik alanındaki çalışmalarla ilgili mevcut makalelerde incelenen eğilimleri ve güncel konuları incelemek için, iki adımdan oluşan bir metodoloji izlenmiştir. İlk adımı veri arama protokolü oluşturmaktadır. İkinci adım ise, veri setinin düzenlenmesi ve analiz edilmesi için metodolojiyi içermektedir.

2.2.Veri toplama

İlk adımda çalışmanın veri kaynağı belirlenmiştir. Çalışma verilerinin elde edilmesi sürecinde **"**Scopus" veri tabanı seçilmiştir. Arama stratejisi kapsamında, "kronik hastalıklar", "öz yönetim" ve "hemşirelik" anahtar kelimeler kullanılmıştır. Çalışmanın zaman aralığı 2010-2023 tarihlerini kapsamaktadır. "Kronik hastalıklar", "öz yönetim" ve "hemşirelik" anahtar kelimeleri ile 213 makale analize dahil edilmiştir.

2.3.Veri analizi

Çalışmada Scopus veri tabanında bulunan kronik hastalıklar, öz yönetim ve hemşirelik ile ilgili makalelerin performans analizi ve bilimsel haritalama için R yazılımının 4.3.2. sürümü kullanılmıştır. Sonuçların görselleştirilmesi için anahtar kelime analizinde VOSviewer yazılımının 1.6.20 sürümü tercih edilmiştir. Veri analizinde yayın ve atıf durumu, yazar analizi, ülke, dergi ve doküman durumu, anahtar kelime analizi ve tematik analiz yapılmıştır. Daha sonra elde edilen analizlerin sonuçları değerlendirilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Performans analizi (betimsel analiz)

Bu çalışma "kronik hastalıklar", "öz yönetim" ve "hemşirelik" anahtar kelimeleri ile ilgili makalelerin değerlendirilmesini kapsamaktadır. Bu anahtar kelimeler kullanılarak oluşturulan makalelerin yıllık yayın artış oranları ve yayın başına ortalama atıf sayısı incelenmiştir. Aynı zamanda en çok yayın yapan yazar, en çok atıf alan dergi, en popüler makale, en üretken ülke atıf ve yayın sayısı bakımından incelenmiştir.

3.1.1. Ana bilgiler

Biblioshiny kullanılarak "kronik hastalıklar", "öz yönetim" ve "hemşirelik" anahtar kelimeleri ile ilgili yayınların temel bilgileri görsel 2 de verilmiştir.

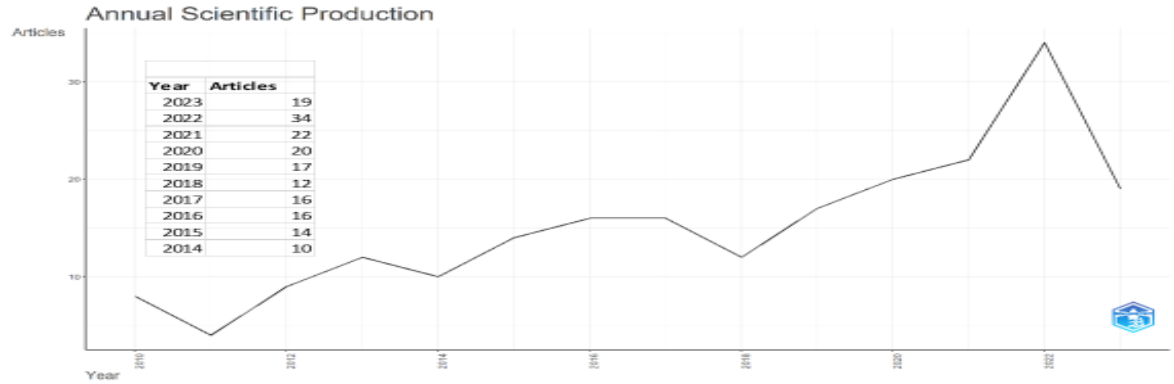
Scopus veri tabanında "kronik hastalıklar", "öz yönetim" ve "hemşirelik" anahtar kelimeleri ile 213 makale, 130 dergide, 2010-2023 yılları arasında değerlendirmeye alınmıştır. Yayınların yıllık artış oranı 6.88 iken yayınların ortalama yaşı 5.92 yıl ve yayınların ortalama atıfları 26.26 'dir. 1160 yazardan 7' si tek başına yayın yapmıştır. Makalelerde yazarların uluslararası işbirliği %19.72 olarak tespit edilmiştir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Görsel 2: Ana bilgiler

3.1.2. Yayınların yıllık artışı

Görsel 3'te kronik hastalıklar, öz yönetim ve hemşirelik anahtar kelimeleri ile ilgili yayınların yıllık artış durumu gösterilmiştir.



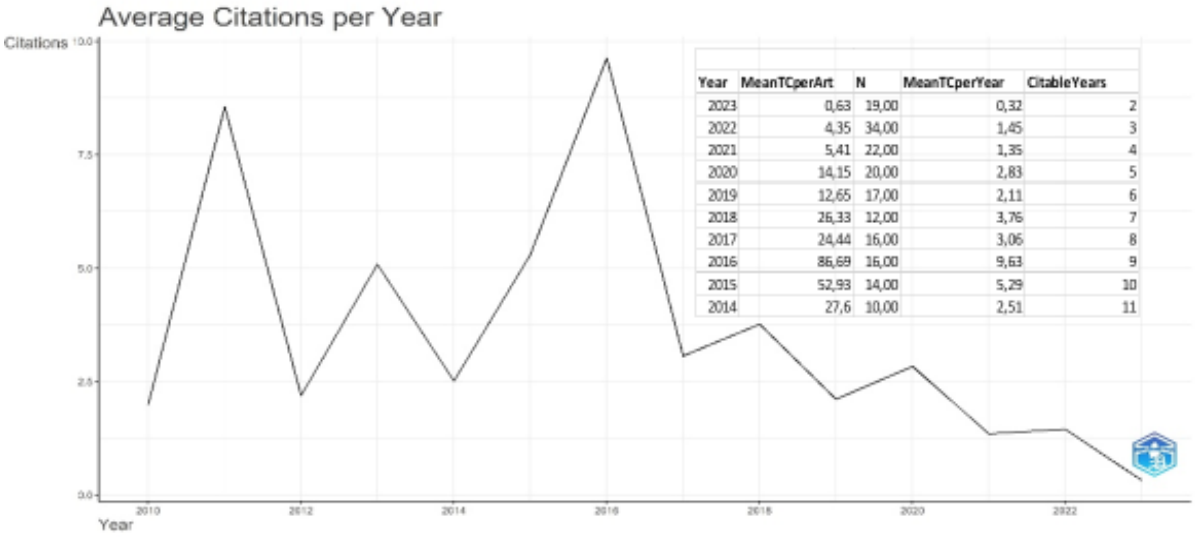
Görsel 3: Yayınların yıllık artış durumu

Görsel 3'e göre kronik hastalıklar, öz yönetim ve hemşirelik ile yapılan makaleler için dünya çapında bilim insanları arasında değişen bir eğilim vardır. Yayın sayısı zaman içinde değişiklik göstermiştir. 2023'te 19 yayın, 2022'de 34 yayın yapılmıştır. Özelikle 2022 yılında kronik hastalıklar, öz yönetim ve hemşirelik ile yapılan araştırmalarda en yüksek artışın yaşandığı yıl olmuştur.

3.1.3. Atıfların ortalama yıllık durumu

Kronik hastalıklar, öz yönetim ve hemşirelik ile ilgili yapılan yayınların atıf durumu görsel 4'te sunulmuştur.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4



Year	MeanTCperArt	N	MeanTCperYear	CitableYears
2023	0,63	19,00	0,32	2
2022	4,35	34,00	1,45	3
2021	5,41	22,00	1,35	4
2020	14,15	20,00	2,83	5
2019	12,65	17,00	2,11	6
2018	26,33	12,00	3,76	7
2017	24,44	16,00	3,06	8
2016	86,69	16,00	9,63	9
2015	52,93	14,00	5,29	10
2014	27,6	10,00	2,51	11

Görsel 4: Atıfların ortalama yıllık durumu

Görsel 4'e göre yıllara göre yapılan atıf sayılarında değişkenlik görülmektedir. Yıllara göre makale başına ortalama toplam atıf sayısı 2023'de 0.32'dir. Kronik hastalıklar, öz yönetim ve hemşirelik ile yapılan çalışmalarda makale başına ortalama toplam atıf sayısı 2022 yılında 34 atıf ile en yüksek sayıda olduğu görülmüştür.

3.1.4. En önemli makaleler

En önemli makaleler çizelge 1'de gösterilmektedir**.** Çizelge 1'e göre Stellefson M. vd. tarafından yazılan "The Chronic Care Model and Diabetes Management in US Primary Care Settings: A Systematic Review" başlıklı makale en önemli dokümanlar arasında ilk sırayı almaktadır. İkinci sırada ise Campbell F. vd. tarafından yazılan "Transition of Care for Adolescents from Paediatric Services to Adult Health Services (Review)" başlıklı makale vardır. Dinh H. vd. tarafından yazılan **"**The Effectiveness Of The Teach-Back Method on Adherence and Self-Management in Health Education for People with Chronic Disease: A Systematic Review" başlıklı makale ise üçüncü en önemli doküman olarak karşımıza çıkmaktadır.

Makale	DOI	Toplam Atıflar	Yıllık oran
Stellefson M, 2013, Prev Chronıc Dıs	10.5888/pcd10.120180	361	30,08
Campbell F, 2016, Cochrane Database Syst Rev	10.1002/14651858.CD009794.pub2	357	39,67
Ha Dınh Tt, 2016, Jbı Database System Rev Implement Rep	10.11124/jbisrir-2016-2296	275	30,56
Or Ckl, 2011, J Am Med Informatıcs Assoc	10.1136/jamia.2010.007336	224	16,00
Boult C, 2011, Arch Intern Med	10.1001/archinternmed.2010.540	182	13,00

Schulman-Green D, 2016, J Adv Nurs	10.1111/jan.12902	180	20,00
Buck Hg, 2015, Eur J Cardıovasc Nurs	10.1177/1474515113518434	180	18,00
Dwarswaard J, 2016, Health Expect	10.1111/hex.12346	167	18,56
Van Eıjk-Hustıngs Y, 2012, Ann Rheum Dıs	10.1136/annrheumdis-2011-200185	137	10,54
Hoffman Aj, 2013, Cancer Nurs	10.1097/NCC.0b013e31824a730a	124	10,33

Çizelge 1: En önemli makaleler

3.1.5. En çok yayın yapan dergiler

En çok yayın yapan dergiler çizelge 2'de gösterilmiştir. Bu çizelgeye göre Journal of Advanced Nursing dergisi 14 makale ile kronik hastalıklar, öz yönetim ve hemşirelik anahtar kelimeleri ile yapılan çalışmalarda başı çekmektedir. Bunu 10 makale ile BMC Health Services Research dergisi ve 6 makale ile Journal of Clinical Nursing dergisi izlemektedir.

Dergiler	**Makale sayısı**
Journal Of Advanced Nursıng	14
Bmc Health Servıces Research	10
Journal Of Clınıcal Nursıng	6
Bmc Famıly Practıce	5
Internatıonal Journal Of Envıronmental Research And Publıc Health	5
Bmc Nursıng	4
Computatıonal And Mathematıcal Methods In Medıcıne	4
European Journal Of Cardıovascular Nursıng	4
Healthcare (Swıtzerland)	4
Plos One	4

Çizelge 2: En çok yayın yapan dergiler

3.1.6. En çok yayın yapan yazarlar

Çizelge 3'de kronik hastalıklar, öz yönetim ve hemşirelik anahtar kelimeleri ile en çok yayın yapan yazarlar verilmiştir.

Yazarlar	**Makale sayısı**

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

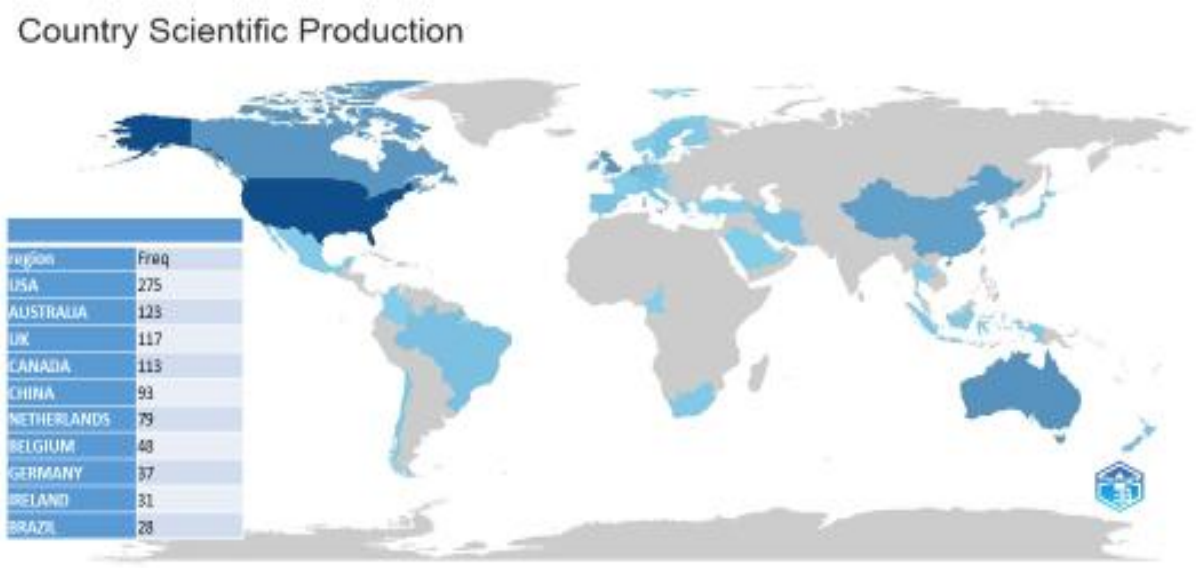
Van Hecke A	4
Morıyama M	3
Rogers A	3
Van Bokhoven Ma	3
Van Der Weıjden T	3
Van Staa A	3
Zhang Y	3
Abraham C	2
Baıley De	2
Baldwın A	2

Çizelge 3: En çok yayın yapan yazarlar

En çok yayın yapan yazarlar 4 makale ile Van Hecke A'dır. Onu 3 makale ile Morıyama M, Rogers A. ve Van Bokhoven M.A. takip etmektedir.

3.1.7. En çok yayın yapan ülkeler

Kronik hastalıklar, öz yönetim ve hemşirelik anahtar kelimeleri kullanılarak en çok yayın yapılan ülkeler görsel 5'de verilmiştir.



Görsel 5: En çok yayın yapan ülkeler

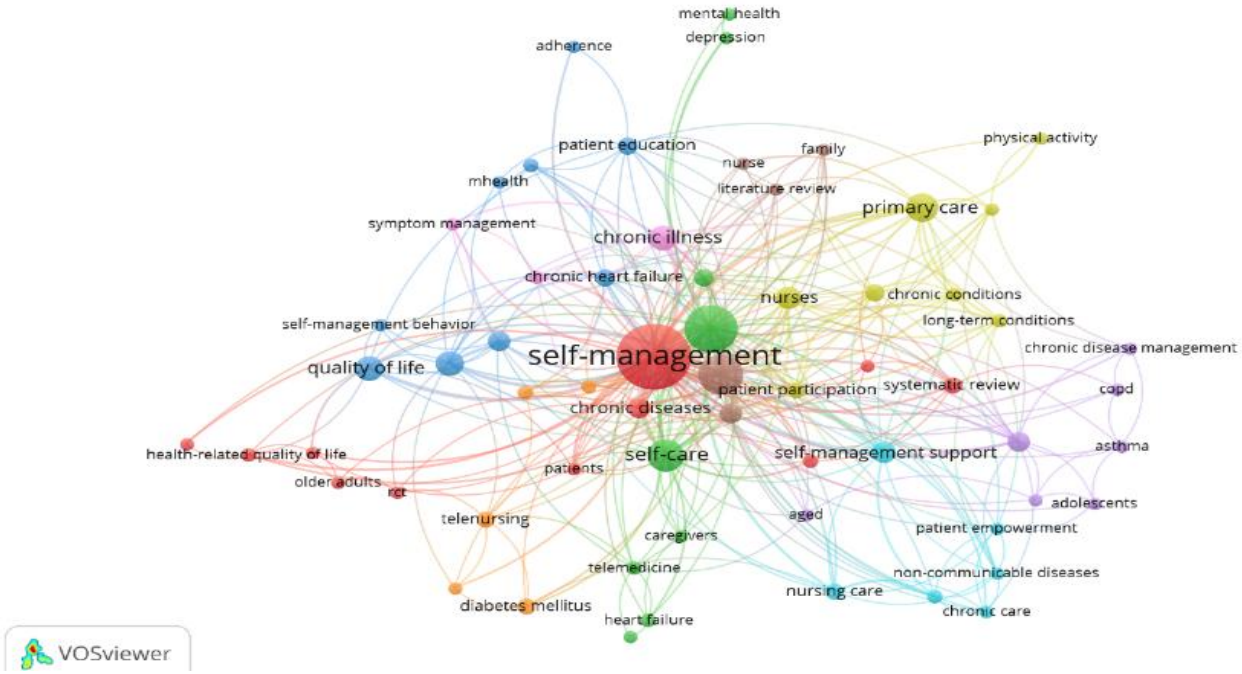
Görsel 5'deki haritada lacivert renkli yerler (Amerika Birleşik Devletleri) en çok yayın yapan ülkeleri, mavi renkli yerler daha az yayın yapan ülkeleri (Brezilya, Türkiye), gri renkli yerler hiç yayın yapmayan (Hindistan) ülkeleri temsil etmektedir. Görselde kronik hastalıklar, öz yönetim ve hemşirelik anahtar kelimeleri ile çok yayın yapan 10 ülke de gösterilmektedir. Buna

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

göre en çok yayın yapan ülke Amerika Birleşik Devletleri (275)'dir. Avustralya (123), Birleşik Krallık (117) ve Kanada (113) olarak karşımıza çıkmaktadır.

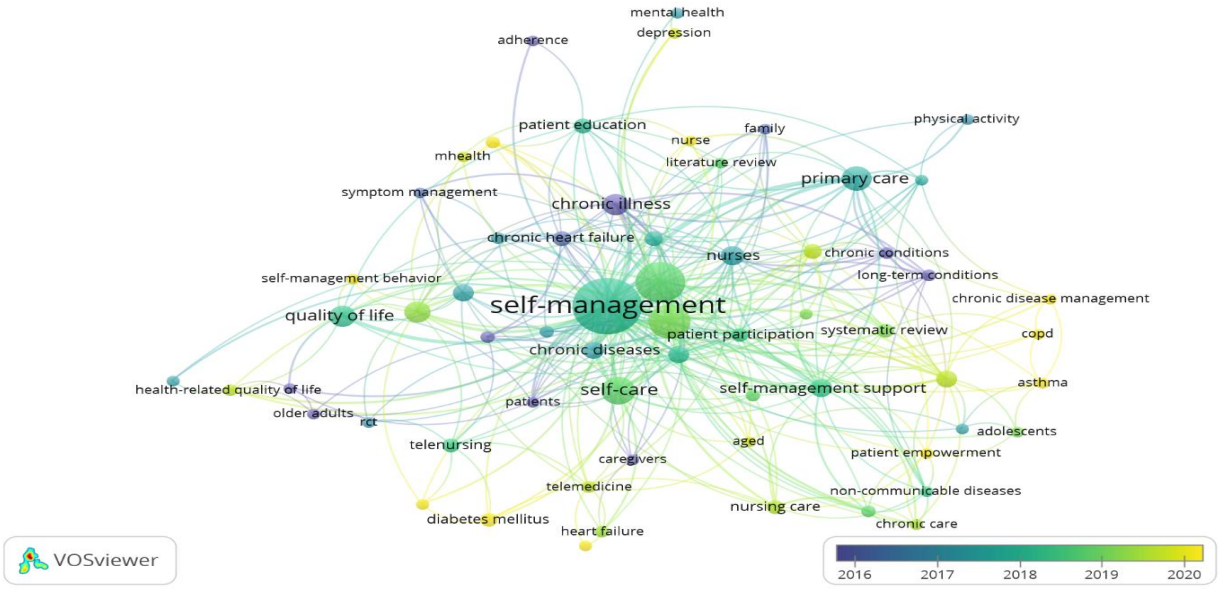
3.1.8. Anahtar kelime analizi

Anahtar kelime, makalenin bir kelime veya kelime grubu şeklinde açıklamasıdır. Herhangi bir terimin fazla kullanımı, anahtar kelimenin makalede olmasına bağlıdır. VOSviewer, anahtar kelimelerle eser ortaya koymanın ve araştırma veri tabanının ortak etkilerini ortaya çıkarmak için kullanılmıştır. Makalenin indekslenen anahtar kelimelerine dayanarak 519 anahtar kelime keşfedildi. görsel 6'da gösterildiği gibi VOSviewer yazılımında eşik değeri 3'e ayarlanarak 63 anahtar kelime analiz için değerlendirildi.



Görsel 6: Yazar-anahtar kelime ağ haritası

Her renkle farklı bir anahtar kelime kümesi oluşturulur. Görsel 6'da her daire, belirli bir anahtar kelimenin varlığını ve kronik hastalıklar, öz yönetim ve hemşirelik ile yapılan makalelerin ağ temasının alt alanının varlığını gösterir. Benzer renge sahip her daire, karşılaştırma bölgesindeki dağılımı temsil eder. Eleman sayısına göre en büyük kümeye 'self management' adı verilir. Bu kümede 'chronic disease, health care, primary care nursing,health coaching' gibi anahtar kelimeler yer alıyor. İkinci en büyük küme 'chronic disease' olarak adlandırılmıştır. 'Caregivers, diabetes, nursing education, telemedicine' gibi anahtar kelimeleri içerir. Üçüncü en büyük küme ise 'nursing' olarak adlandırılıyor. 'Health literacy, literatüre revirew, family, nurse' gibi anahtar kelimeleri içerir.



Görsel 7: Anahtar kelime zaman çizelgesi

VOSviewer yazılımı ile "Overlay görselleştirme" anahtar kelimeleri yayınlanma yılına göre farklı renklendirilmiş ve literatürde yer aldığı zaman aralıkları belirlenmiştir. Bizim araştırmamızda yeni eklenen terimlerin ortalama (sarı) yayın yılı 2020'dir. Maddelerin renkleri yayınlandıkları tarihten itibaren geçen süreye göre belirlenmiştir. 2016 yılından 2020 yılına kadar olan zaman dilimi (Mavi-Yeşil-Sarı Renk) görsel 7'de gösterilmektedir.

Daha önce kullanılan 'long term conditions, chronic conditions, symptom management' gibi anahtar kelimeler 2016-2017 döneminde yoğun olarak çalışılan anahtar kelimeler olmakla birlikte, 'health education, chronic disease management, mhealth, patient empowement' gibi anahtar kelimelerin de 2019-2020 döneminde yoğun olarak çalışılan anahtar kelimeler olduğu söylenebilir.

3.2 Bilimsel Haritalama Analizi

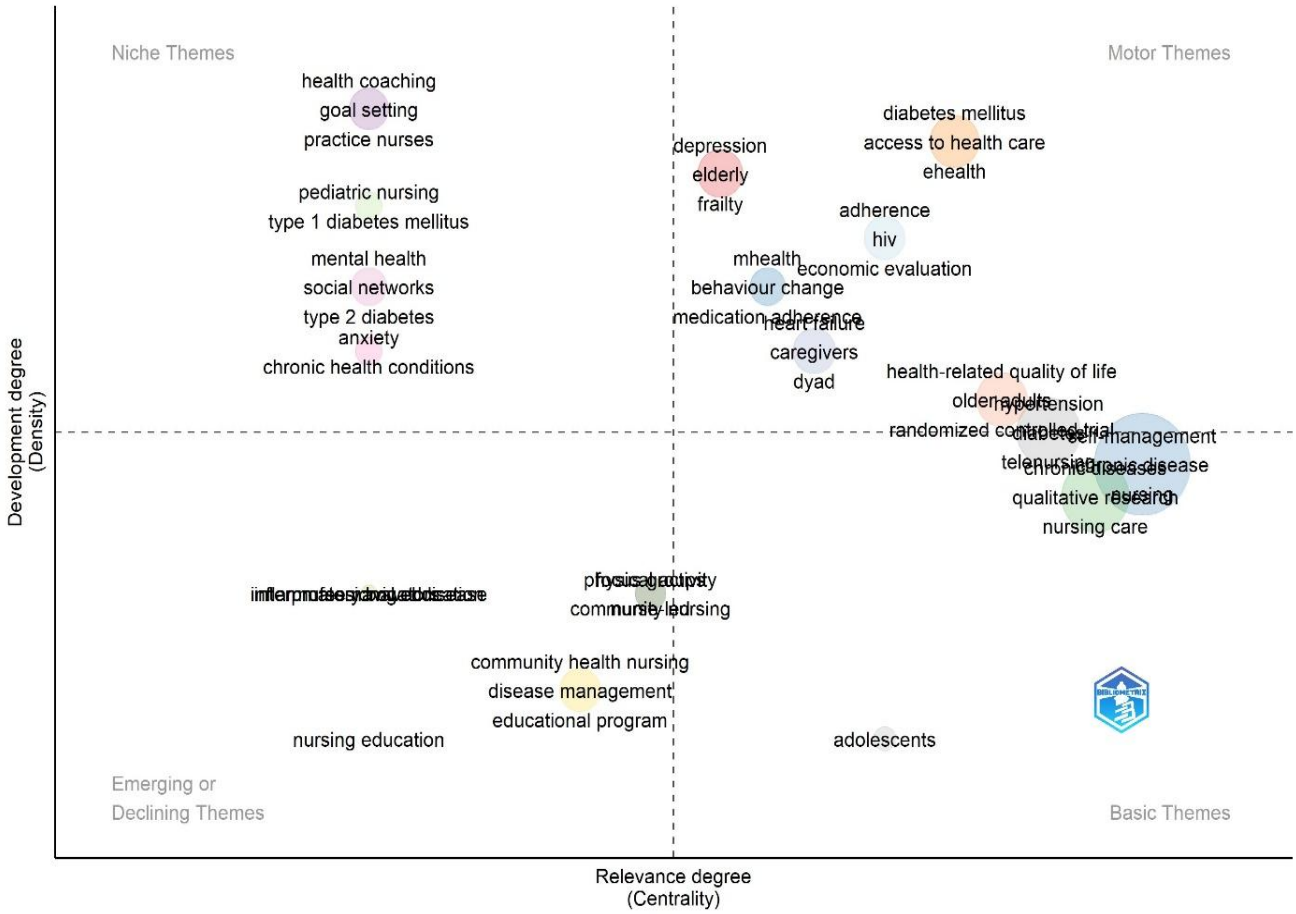
Bilimsel haritalama, çeşitli bilimsel ve teknik etkinlikleri görselleştirmek, analiz etmek ve modellemek için hesaplamalı tekniklerin bir bütün olarak uygulanmasıdır (Demir vd. 2024b).

3.2.1. Tematik harita

Yazarlar tarafından tanımlanan kronik hastalıklar, öz yönetim ve hemşirelik anahtar kelimeleri kullanılarak bibliyometrik yöntemler ile yayınlarındaki duyarlılık analizinin tematik bir araştırması gerçekleştirilmiştir. Görsel 8'deki ağ gösterimi, kronik hastalıklar, öz yönetim ve hemşirelik çalışmalarındaki duyarlılık analizi uygulamalarının dört tematik kümeye ayrıldığını ortaya koymaktadır.

Görsel 8'e göre "Basic Tema" bölümünde bulunan 'nursing care, telenursing, qualitative research' kelimeleri literatürde hala çalışılan başlığı içermektedir. "Motor Temada" yer alan 'health related quality of life, behaviour change, mhealth, medication adherance, depression, diabetes mellitus, access to health care, ehealth, economic evaluation' kelimeleri literatürde aktif olarak kullanılan kelimeleri ifade ederken "Niche Temada" bulunan 'health coaching, goal

setting, practice nursing, tip1 diabestes mellitus chronic health conditions' kelimeleri literatürde artık kullanılmayan kelimeleri ifade etmektedir. "Emerging or Decling" temada bulunan 'nursing education, educational program, disease managament, community health nursing, interprofessional education kelimeleri literatüre daha yeni girmiş kelimeleri ifade eder.

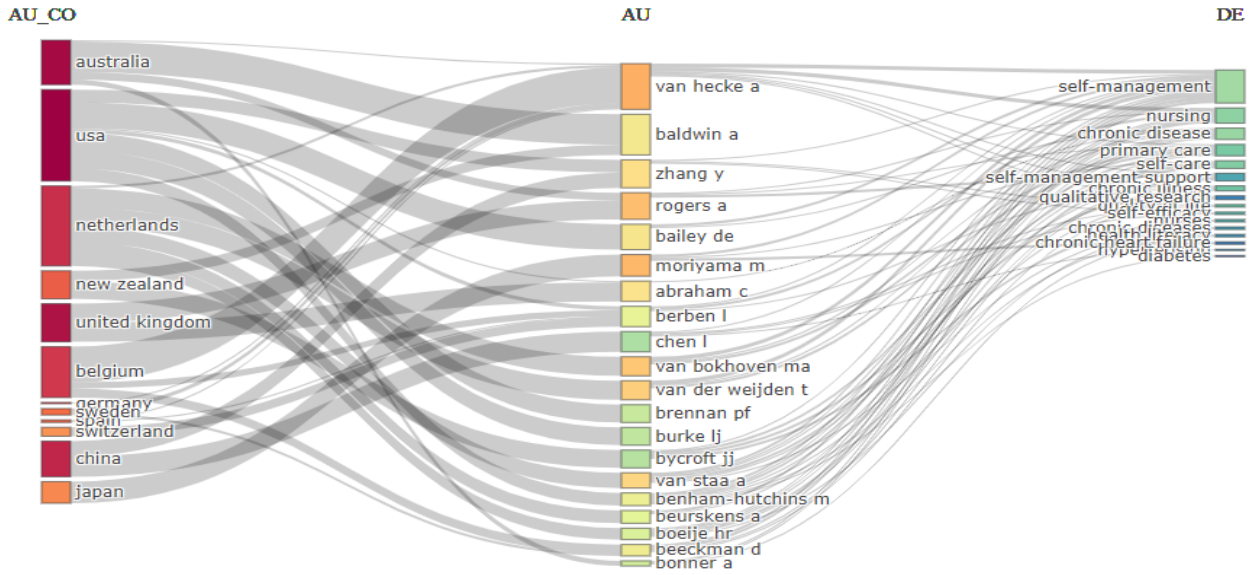


Görsel 8: Yazar anahtar kelimeleri tabanlı tematik harita

3.2.2. Üç alan diyagramı (Three-Field Plot)

Sankey diyagramı da denilen üç parametrenin incelendiği bu diyagram sadece biblioshiny yazılımına aittir. Ülke yazar ve anahtar kelime parametreleri yazılımdan ayarlanarak her bir parametre için önde gelenler görsel 9'da verilmiştir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4



Görsel 9: Üç alan diyagramı (ülke, yazar, anahtar kelime diyagramı)

Görsel 9'daki dikdörtgenlerin boyutu literatürde bu parametrelerin tekrarını göstermektedir. Dikdörtgenin boyutu büyüdükçe kullanılan parametrenin en önemli olduğu söylenebilir. Bu parametrelerden önde gelen ülke, yazar ve anahtar kelime sırasıyla Amerika Birleşik Devletleri, Van Hecke A, 'Self-Managament' parametrelerdir.

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Kronik hastalık, öz yönetim ve hemşirelik anahtar sözcükleri ile yapılan analiz bu alandaki araştırmaların genel eğilimlerini ve önemli bulgularını aydınlatmaktadır. Bu araştırmanın sonuçları alanın gelişimine ve gelecekteki araştırma yönlerine dair değerli iç görüler sunmaktadır.

Bu bibliyometrik analiz, "kronik hastalıklar", "öz yönetim" ve "hemşirelik" anahtar kelimeleri ile 2010–2023 yılları arasında yayımlanan çalışmaların genel eğilimlerini ortaya koymuştur. Bu yıllar arasında incelenen dönemde kronik hastalık, öz yönetim ve hemşirelik konusunda yayınlanan makale sayısının değişken olduğu görülmüştür. Özelikle 2022 yılında görülen kronik hastalıklar, öz yönetim ve hemşirelik ile yapılan araştırmalarda en yüksek artış, alanın dinamik ve ilgi çekici doğasını yansıtmaktadır. Bu değişkenlik araştırmacıların kronik hastalık, öz yönetim ve hemşirelik konularının potansiyelini keşfetme ve çıkarıma dayalı uygulamaları genişletme yönündeki ilgisini yansıtmaktadır. Bulgular, son 13 yılda alandaki yayın üretiminin istikrarlı bir şekilde arttığını ve yıllık büyüme oranının %6.88 olduğunu göstermektedir. Bu artış, kronik hastalık yönetiminde öz yönetim yaklaşımlarının giderek daha fazla önem kazandığını ve hemşirelik disiplininin bu alandaki rolünün güçlendiğini düşündürmektedir. Aynı zamanda yayınların ortalama yaşının 5.92 yıl olması, konunun güncel ve araştırmacılar için cazip bir çalışma alanı olduğunu işaret etmektedir. Ortalama 26.26 atıf düzeyi ise alandaki çalışmaların bilimsel görünürlüğünün yüksek olduğunu ve literatürde sıklıkla referans alındığını göstermektedir.

Analize dahil edilen 213 makalenin 130 farklı dergide yayımlanması, konunun multidisipliner yapısını ve hemşirelik alanının kronik hastalıkların yönetiminde farklı disiplinlerle entegre çalıştığını göstermektedir. Toplam 1160 yazarın katkı sunduğu literatürde yalnızca 7 yazarın

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

tek başına yayın yapması, alanın büyük ölçüde ekip temelli araştırmalar ile ilerlediğini ortaya koymaktadır. Bu sonuç, hemşirelik araştırmalarında klinik uygulamayla entegre, ekip tabanlı araştırma tasarımlarının yaygın olduğuna ilişkin literatürle uyumludur (Kongkar, vd., 2025; Ominyi, vd., 2025; Schot, vd., 2020).

Bibliyometrik analizde en çok atıf alan makaleler, kronik hastalık yönetimi ve öz-yönetim uygulamalarının hemşirelik pratiğine etkisini ortaya koymaktadır. Örneğin, Stellefson M. vd. (2013) tarafından yapılan 'The Chronic Care Model and Diabetes Management in US Primary Care Settings: A Systematic Review' başlıklı çalışma, diyabet yönetiminde kronik bakım modelinin etkinliğini sistematik olarak değerlendirmiştir. Bu makale, hasta merkezli öz yönetim müdahalelerinin literatürdeki önemini vurgulamakta ve hemşirelik uygulamaları açısından yol gösterici niteliktedir. Campbell F. vd. (2014) tarafından gerçekleştirilen 'Transition of Care for Adolescents from Paediatric Services to Adult Health Services (Review)' çalışması ise ergenlerin bakım geçiş süreçlerinde hemşirelerin rolünü detaylandırmış ve geçiş dönemindeki öz yönetim stratejilerinin önemine dikkat çekmiştir. Dinh H. vd. (2015) tarafından yapılan 'The Effectiveness of the Teach-Back Method on Adherence and Self-Management in Health Education for People with Chronic Disease: A Systematic Review' başlıklı çalışma, öğretim-geri bildirim yöntemi ile öz yönetimin geliştirilmesine ilişkin bulgular sunmuş ve hemşirelik eğitiminde uygulanabilirliği göstermiştir. Bu çalışmalar, literatürde kronik hastalık yönetimi ve öz yönetim alanındaki araştırma eğilimlerini ve hemşirelik uygulamalarının önemini ortaya koymaktadır.

Yayınlarının çoğunluğu Journal of Advanced Nursing, BMC Health Services Research ve Journal of Clinical Nursing gibi dergilerde yayınlanmıştır (çizelge 2). Kronik hastalılar, öz yönetim ve hemşirelik üzerine en çok makale yayınlayan dergilerin analizi, bu dergilerin üretken olduğu bilgisini verir. Akademide, etki faktörü yüksek olan dergiler genellikle daha önemli ve yetkili kabul edilir. Araştırmacıların, sağlık profesyonellerinin ve kurumların kronik hastalıklar ve öz yönetim ile ilgili hemşirelik çalışmaları için sağlam bir kanıt tabanı geliştirebilmeleri için bu dergileri incelemeleri önerilir.

Çalışmamızda kronik hastalıklar, öz yönetim ve hemşirelik anahtar kelimeleri kullanılarak en çok yayın yapan ülkeler belirlenmiştir (görsel 5). Amerika Birleşik Devletleri'nin bu konuda en çok yayın yapan ülke olması ülkede görülen kronik hastalık oranıyla yakından ilişkili olduğu düşünülmektedir. Amerika birleşik devletlerindeki yetişkinleri yaklaşık %75'inin en az bir kronik hastalığa sahip olduğu belirlenmiştir (CDC, 2024). Bu kronik hastalığa sahip olma durumu sadece bir hastalık ile sınırlı kalmayıp aynı zamanda ABD'deki yetişkinlerin büyük çoğunluğu (%51,4) en az iki kronik hastalığa sahiptir ve son verilere göre kronik hastalık yaygınlığı genç yetişkinler arasında belirgin bir artış göstermektedir (Watson vd., 2025). Kronik hastalıkların yüksek oranda görülmesi aynı zamanda yüksek bir sağlık bakım maliyetine de neden olmaktadır. CDC'ye göre (2024), ABD'de kronik hastalıklara ilişkin bakım ve tedavi maliyeti, yıllık yaklaşık 4,9 trilyon Amerikan doları ile sağlık harcamasının yaklaşık %90'ını oluşturmaktadır. Kronik hastalıkların yüksek prevalansı ve çoklu hastalık varlığı yüksek sağlık bakım maliyetine neden olmasının yanında iş gücü kaybı ve erken ölümler ile de toplumu büyük ölçüde etkilemektedir. GBD 2023 verilerine göre, kardiyovasküler hastalıklar, diyabet ve kronik solunum hastalıkları ABD'de DALY açısından önemli bir paya sahiptir (GBD, 2025). Bu durum, kronik hastalıkların bireylerin yaşam süresini ve toplumdaki üretkenliği olumsuz

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

etkilediğini göstermektedir. Tüm bu veriler kronik hastalıklara yönelik hemşirelik uygulamaları ve öz-yönetim müdahalelerinin geliştirilmesinin, yüksek yük altındaki ülkelerden biri olan Amerika Birleşik Devletleri'nde daha fazla araştırma motivasyonu yaratarak alanda yapılan çalışma sayısını arttırmıştır. Aynı zamanda Avustralya, Birleşik Krallık ve Kanada gibi ülkelerin de yüksek yayın sayısı, kronik hastalık yönetimi ve hemşirelik araştırmalarına verdikleri önemi ve altyapılarını yansıtmaktadır. Brezilya ve Türkiye gibi daha az yayın yapan ülkeler için uluslararası işbirliği artırılabilir; bu hem bilimsel görünürlüğü hem de atıf sayısını yükseltebilir.

Anahtar kelime ve tematik analiz, kronik hastalıklar, öz yönetim ve hemşirelik alanındaki araştırma eğilimlerini ortaya koymaktadır (görsel 6, görsel 7 ve görsel 8). Buna göre bibliyometrik ağ analizinde gösterilen büyük kümedeki anahtar kelimeler (chronic disease, health care, primary care nursing, health coaching) literatürde öz yönetim ve hasta merkezli hemşirelik müdahalelerinin önemli bir odak noktası olduğunu göstermektedir. İkinci büyük kümedeki anahtar kelimeler (caregivers, diabetes, nursing education, telemedicine) ve üçüncü büyük kümedeki anahtar kelimeler (health literacy, literatüre revirew, family, nurse) ise hemşirelik araştırmalarının sadece klinik bakım uygulamalarına değil, hasta eğitimi, sağlık okuryazarlığı ve teknolojik müdahalelere de odaklandığını ortaya koymaktadır.

Overlay görselleştirme (görsel 7) ile yayın yıllarına göre yapılan analiz, yeni eklenen terimlerin ortalama 2020 yılında yoğunlaştığını göstermektedir. 2016-2017 dönemindeki öne çıkan anahtar kelimelerin 2019- 2020 dönemindeki değişimi, literatürde dijital sağlık teknolojileri ve hasta güçlendirme stratejilerinin giderek önem kazandığını göstermektedir.

Literatürü dört ana tema altında sınıflandıran tematik analizdeki (görsel 8) "Basic Theme" halen çalışılan temel araştırma başlıklarını ifade eder. "Motor Theme" literatürde aktif olarak çalışan konuları temsil etmektedir. "Niche Theme" ise artık daha az çalışılan konuları gösterirken, "Emerging or Declining Theme" literatüre yeni giren konuları yansıtmaktadır. Bu tematik dağılım, kronik hastalık yönetiminde hemşirelik uygulamalarının değişen önceliklerini ve yenilikçi müdahalelerin artan önemini göstermektedir. Genel olarak, anahtar kelime ve tematik analiz bulguları, kronik hastalıklar ve öz-yönetim alanındaki araştırmaların özellikle hasta merkezli, teknoloji destekli ve eğitim odaklı hemşirelik müdahaleleri üzerine yoğunlaştığını ortaya koymaktadır.

Üç alan diyagramı (görsel 9), kronik hastalıklar, öz yönetim ve hemşirelik alanındaki literatürde önde gelen ülke, yazar ve anahtar kelimeleri göstermektedir. Analiz, ABD'nin en çok yayın yapan ülke olduğunu ve en önemli anahtar kelimelerin ('Self-Management') çoğunun bu ülkede üretildiğini ortaya koymaktadır. Bu bulgu, ABD'nin kronik hastalık ve öz-yönetim araştırmalarındaki liderliğini ve güçlü araştırma altyapısını bir kez daha yansıtmaktadır. Önde gelen yazar Van Hecke A'nın vurgulanması, alanın belirli bilim insanları tarafından şekillendirildiğini ve ekip temelli çalışmaların önemini desteklemektedir. Ayrıca 'Self-Management' anahtar kelimesinin önde gelmesi, literatürde hasta merkezli öz yönetim müdahaleleri ve hemşirelik uygulamalarının öncelikli bir araştırma konusu olduğunu göstermektedir.

Bu bibliyometrik analiz, kronik hastalıklar, öz yönetim ve hemşirelik alanındaki yayınların yapısını, eğilimlerini ve işbirliği modellerini ortaya koymaktadır. Analiz kapsamında

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

değerlendirilen 213 makale, 2010-2023 yılları arasında artan bir yayın trendi sergilemiştir. ABD'de yetişkinlerin büyük çoğunluğunun en az bir kronik hastalığa sahip olması ve çoklu hastalık prevalansının yüksekliği, bu ülkedeki araştırma yoğunluğu ile ilişkilendirilmiştir. Anahtar kelime ve tematik analiz, literatürde öz yönetim, kronik hastalık yönetimi, hemşirelik bakımı, sağlık eğitimi ve dijital sağlık uygulamaları gibi alanlarda yoğunlaşmanın olduğunu göstermektedir. GBD 2023 verileri, kronik hastalıkların küresel düzeyde mutlak yükünün artmasına karşın yaşa göre standardize edilmiş DALY oranlarında azalma olduğunu göstermektedir (GBD, 2025). Bu durum uzun dönemli bakım ve yönetim stratejilerinde ilerleme sağlandığını göstermektedir. Bu eğilim, öz yönetim ve hemşirelik temelli yaklaşımlara yönelik bibliyometrik analizimizde gözlenen araştırma artışının sağlık sistemlerindeki bu iyileşme ile uyumlu olduğunu ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, kronik hastalıklar, öz yönetim ve hemşirelik alanındaki bilimsel üretim, hem alanın giderek artan önemini hem de uluslararası işbirliği ve yeni tematik odakların alandaki ilerlemeyi desteklediğini göstermektedir. Bu bulgular, gelecekteki araştırmaların önceliklerini belirlemede ve klinik uygulamalara yön vermede yol gösterici olabilir.

KAYNAKÇA

World Health Organization. (2025, September 25). Noncommunicable diseases. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases Erişim Tarihi: 15.11.2025

Centers for Disease Control and Prevention (2024, October 4) https://www.cdc.gov/chronic-disease/about/index.html Erişim tarihi:15.11.2025

Global Burden Dis Study. (2025). Burden of 375 diseases and injuries, risk-attributable burden of 88 risk factors, and healthy life expectancy in 204 countries and territories, including 660 subnational locations, 1990–2023: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2023. *The Lancet*, 406(10513), 1873–1922. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(25)01637-X

Allegrante, J. P., Wells, M. T., & Peterson, J. C. (2019). Interventions to support behavioral self-management of chronic diseases. *Annual Review of Public Health*, 40, 127–146. https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-040218-044008

Wagner, E. H., Austin, B. T., Davis, C., Hindmarsh, M., Schaefer, J., & Bonomi, A. (2001). Quality improvement in chronic illness care: A collaborative approach. *Journal on Quality Improvement*, 27(2), 63–78. https://doi.org/10.1016/S1070-3241(01)27007-2

Allegrante JP. 2018. Advancing the Science of Behavioral Self-Management of Chronic Disease: The Arc of a Research Trajectory. *Health Educ Behav* 45: 6–13

Bodenheimer T, Lorig K, Holman H, Grumbach K. (2002). Patient self-management of chronic disease in primary care. *JAMA* 288: 2469–75

Grady PA, Gough LL. 2014. Self-management: a comprehensive approach to management of chronic conditions. *Am J Public Health* 104: e25–31

Holman H, Lorig K. 2000. Patients as partners in managing chronic disease. Partnership is a prerequisite for effective and efficient health care. *BMJ* 320: 526–7

Lorig KR, Holman H. 2003. Self-management education: history, definition, outcomes, and mechanisms. *Ann Behav Med* 26: 1–7

Peterson JC, Link AR, Jobe JB, Winston GJ, Marina Klimasiewfski E, Allegrante JP. 2014. Developing self-management education in coronary artery disease. *Heart Lung* 43: 133–9

Anekwe, T. D., & Rahkovsky, I. (2018). Self-management: A comprehensive approach to management of chronic conditions. *American Journal of Public Health*, 108(S6), S430–S436. https://doi.org/10.2105/AJPH.2014.302041r

Jonkman, M., Schuurmans, M., Jaarsma, T. Shortridge, L.M. Baggett, A.W. Hoes, J.C. (2016). Trappenburg Self-management interventions: proposal and validation of a new operational definition. *J. Clin. Epidemiol.*, 80 pp. 34-42

Van de Velde D, De Zutter F, Satink T, Costa U, Janquart S, Senn D, De Vriendt P. Delineating the concept of self-management in chronic conditions: A concept analysis. *BMJ Open*. 2019;9(7):e027775. doi: 10.1136/bmjopen-2018-027775

Billany, R. E., Thopte, A., Adenwalla, S. F., March, D. S., Burton, J. O., & Graham-Brown, M. P. M. (2023). Associations of health literacy with self-management behaviours and health outcomes in chronic kidney disease: A systematic review. *Journal of Nephrology, 36*, 1267–1281. https://doi.org/10.1007/s40620-022-01537-0

Chen S, Wang Y, Liu W, Zhang D, Zhu J and Liu G (2025) Mechanism of health literacy

impact on self-management behaviors in patients with chronic disease: a self-efficacy mediated model moderated by disease duration. Front. *Public Health* 13:1673723. doi: 10.3389/fpubh.2025.1673723

Huang, Y., Li, S., Lu, X., Chen, W., & Zhang, Y. (2024). The effect of self-management on patients with chronic diseases: A systematic review and meta-analysis. *Healthcare*, 12(15), 1500. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11544912/

Timmermans, L., Golder, E., Decat, P., Foulon, V., Van Hecke, A., & Schoenmakers, B. (2023). Characteristics of self-management support (SMS) interventions and their impact on quality of life (QoL) in adults with chronic diseases: An umbrella review of systematic reviews. *Health Policy*, 135, Article 104880. https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2023.104880

Tharani, A., et al. (2021). Factors influencing nurses' provision of self-management support. *Journal of Advanced Nursing*, 77(5), 2321-2332. https://doi.org/10.1111/jan.14735

Ayat Ali, A., Lim, S. K., Tang, L. Y., Abdul Rashid, A., & Chew, B.-H. (2021). The effectiveness of nurse-led self-management support program for people with chronic kidney disease stage 3–4 (CKD-NLSM): Study protocol for a randomized controlled trial. *Science Progress*, 104(2), Article 00368504211026159. https://doi.org/10.1177/00368504211026159

Bashir, A., & Ahmad, A. (2024). The effectiveness of nurse-led interventions on chronic disease management. *International Journal of Midwifery and Nursing Practice*, 7(1), 18–21. https://doi.org/10.33545/26630427.2024.v7.i1a.153

Coster S, Li Y, Norman IJ. (2020). Cochrane reviews of educational and self-management interventions to guide nursing practice: A review. *Int J Nurs Stud* 110:103, 698. doi: 10.1016/j. ijnurstu.2020.103698.

Troncoso, E. L., & Breads, J. (2021). Best of both worlds: Digital health and nursing together for healthier communities. International *Nursing Review*, 68(4), 506–513. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34133028/

Kilfoy, A., Chu, C., Krisnagopal, A., McAtee, E., Baek, S., Zworth, M., Hwang, K., Park, H., & Jibb, L. (2024). Nurse-led remote digital support for adults with chronic conditions: A systematic synthesis without meta-analysis. *Journal of Clinical Nursing*, 34(3), 715–736. https://doi.org/10.1111/jocn.17226

Wu, Y., Wen, J., Wang, X., et al. (2022). Associations between e-health literacy and chronic disease self-management in older Chinese patients with non-communicable diseases: A mediation analysis. *BMC Public Health*, 22, 2033. https://bmcpublichealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12889-022-14695-4

Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285–296. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070

Zupic, I., & Čater, T. (2015). Bibliometric methods in management and organization. *Organizational Research Methods, 18*(3), 429–472. https://doi.org/10.1177/1094428114562629

Kongkar, R., Suksomboon, N., & Tangcharoensathien, V. (2025). The impact of interdisciplinary team-based care on the care and outcomes of chronically ill patients: A systematic review. Journal of Multidisciplinary *Healthcare,* 18, 1123–1137. https://doi.org/10.2147/JMDH.S567890

Ominyi, J. O., Marzouk, A., Maher, A., & Adejumo, A. (2025). Promoting evidence-based nursing through collaboration: A narrative review. *Journal of Evidence-Based Nursing*, 14(1), 22–30. https://doi.org/10.1016/j.jebn.2025.01.005

Schot, E., Tummers, L., & Noordegraaf, M. (2020). Working on working together: A systematic review on how professionals contribute to interprofessional collaboration. *Journal of Interprofessional Care*, 35(3), 1–12. https://doi.org/10.1080/13561820.2019.1636007

Watson, K. B., Wiltz, J. L., Nhim, K., Kaufmann, R. B., Thomas, C. W., & Greenlund, K. J. (2025). Trends in multiple chronic conditions among US adults, by life stage, Behavioral Risk Factor Surveillance System, 2013–2023. *Preventing Chronic Disease, 22*, 240539. https://doi.org/10.5888/pcd22.240539

Stellefson, M., Dipnarine, K., & Stopka, C. (2013). The Chronic Care Model and diabetes management in US primary care settings: A systematic review. *Preventing Chronic Disease, 10*, E26. https://doi.org/10.5888/pcd10.120180

Campbell, F., Biggs, K., Aldiss, S. K., O'Neill, P. M., Clowes, M., McDonagh, J., While, A., & Gibson, F. (2016). Transition of care for adolescents from paediatric services to adult health services (Review). *Cochrane Database of Systematic Reviews, 2016*(4), Article CD009794. https://doi.org/10.1002/14651858.CD009794.pub2

Dinh, T. T. H., Bonner, A., Clark, R., Ramsbotham, J., & Hines, S. (2016). The effectiveness of the teach-back method on adherence and self-management in health education for people with chronic disease: A systematic review. *JBI Database of Systematic Reviews & Implementation Reports, 14*(1), 210–247. https://doi.org/10.11124/jbisrir-2016-2296

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Hemşirelerin Tıbbi Atık Ayrıştırma Politikalarında Çoğul Bilgi Düzeylerinin İncelenmesi: Bir Üniversite Hastanesi örneği

Prof Dr. Handan ERTAŞ

Selçuk Üniversitesi, handanertas42@gmail.com - 0000-0003-1794-0296

Burak EKİNCİ

Selçuk Üniversitesi, burakekinci42@gmail.com - 0009-0003-6846-0767

ÖZET

Bu çalışma, Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi'nde görev yapan hemşirelerin tıbbi atık yönetimi konusundaki bilinç düzeyini belirlemek ve bu konuda geliştirilebilecek önerileri ortaya koymak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın evrenini 700 hemşire, örneklemini ise hastanede görev yapan 204 hemşire oluşturmuştur. Literatür taramasının ardından, tıbbi atıklarla doğrudan temas eden hemşirelere gönüllülük esasına dayalı bir anket uygulanmış ve elde edilen veriler SPSS v27.01 programında korelasyon, frekans dağılımı, Anova ve T-testi yöntemleriyle analiz edilmiştir. Bulgulara göre, hemşirelerin büyük çoğunluğu tıbbi atıklar hakkında hizmet içi eğitim aldıklarını belirtmiş, bu eğitimlerin tıbbi atık bilinci oluşturmada oldukça etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Eğitim alan ve almayan hemşireler arasında anlamlı farklar tespit edilirken, yaş, cinsiyet ve gelir düzeyi gibi değişkenlerde anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Hemşirelerin atık depolarının konumu gibi teknik detaylara hâkim olması, verilen eğitimlerin etkinliğini desteklemektedir. Bununla birlikte, farkındalık düzeyinin davranışsal bilinçte tam olarak yansımadığı, bu durumun klinik yoğunluk veya çevresel etkenlerden kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Sonuç olarak, Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi hemşirelerinin tıbbi atıklar konusunda genel olarak bilinçli ve duyarlı oldukları görülmekte, ancak bu bilincin davranışa dönüştürülmesi için hizmet içi eğitimlerin düzenli aralıklarla sürdürülmesi ve özellikle yeni başlayan personele öncelikli olarak verilmesi önerilmektedir..

Anahtar Kelimeler : Atık, Atık bilinci, Tıbbi atık, Sağlık personeli, Hemşire

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ABSTRACT

This study was conducted to determine the level of awareness of nurses working at Selçuk University Faculty of Medicine Hospital regarding medical waste management and to present recommendations that can be developed on this issue. The study population consisted of 700 nurses, while the sample included 204 nurses employed at the hospital. Following a literature review, a voluntary questionnaire was administered to nurses who are in direct contact with medical waste, and the data obtained were analyzed using correlation, frequency distribution, ANOVA, and T-test methods in the SPSS v27.01 program. According to the findings, the majority of nurses stated that they had received in-service training on medical waste, and it was concluded that these trainings were highly effective in creating awareness of medical waste management. While significant differences were found between nurses who had and had not received training, no significant differences were observed in variables such as age, gender, and income level. The fact that nurses were knowledgeable about technical details, such as the location of waste storage areas, supports the effectiveness of the provided training. However, it was observed that the level of awareness was not fully reflected in behavioral consciousness, which may be attributed to clinical workload or environmental factors. In conclusion, it was determined that nurses at Selçuk University Faculty of Medicine Hospital are generally aware and sensitive regarding medical waste, but it is recommended that in-service training on this subject be continued regularly and prioritized especially for newly recruited staff.

Keywords: Waste, Waste awareness, Medical waste, Healthcare personnel, Nurse

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

1.GİRİŞ

Hastaneler; sağlık hizmetlerinin verildiği en önemli mekânlardır. Türkiye'de hastaneler 22.07.2005 tarih ve 25883 sayı ile Resmi Gazete'de yayınlanmış "Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ne göre bu atıkları kaynağında toplanma, ayrıştırtma, depolanma, atık minimizasyonu sağlama gibi aşamaları içeren bir atık yönetim planını uygulamaları gerekmektedir. Etkili bir atık yönetimi için çalışanların bilgi ve tutumları önemli bir kilit noktaya sahiptir. (İncesu & Evirgen, 2017). Hastane çalışanlarının çoğunluğunu hemşireler ve doktorlar oluşturur.

1.ATIKLAR VE TIBBİ ATIKLAR

Tıbbi atıkların yönetimi için politika belirleme, kurallar oluşturma ve yasal çerçeveyi belirleme kamu sektörü için bir sorundur. Aynı şekilde sağlık tesisleri açısından da tıbbi atık yönetimi ile ilgili mevzuata uyum sağlama zorunluluğu ile birlikte hem maliyetleri hem de çevresel etki ve riskleri kontrol altına alma gerekliliği ana sorunlardan biri haline gelmiştir. (Küçük, 2013)

1.1.TIBBİ ATIKLAR VE ATIKLAR KAVRAMLARI

Tıbbi atık kavramı, Tıbbi atıklar sağlık kuruluşlarının işletim faaliyetlerinden çıkan atıklardır. Bunun yanında hayvan klinikleri ile tüm canlıların muayenehanelerden çıkan kesici, delici, patolojik ve enfekte atıklar tıbbi atıklar kapsamında değerlendirilmektedir (Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği 2005) olarak tanımlanmıştır.

Atıklar, en kısa tanımıyla, o andan sonra değeri ve doğrudan kullanımı olmayan nesne şeklinde tanımlanabilir. (Akbolat et al., 2011) Tıbbi atıkların değeri olmadığı gibi imhası da mali bir yüktür. Bu mali yük ile ekosistem sağlığı birleşince atık yönetimi ve bu atığı ortaya çıkaran sağlık personelinin eğitimi, gerekirse tekrarlanan eğitimlerle mali yük azaltılacağı ve ekosisteme faydalı olunabileceği düşünülüyor. Eğitimler sonrası personelin atık ayrıştırma kurallarına daha çok uyacağı düşünülüyor. Sağlık hizmetlerinin sunumu esnasında oluşan atıkların toplanması, geçici depolama alanlarına taşınması, depolanması ve belediye görevlilerine tesliminden sorumlu olarak sağlık çalışanları görev yapmaktadır. Bu nedenle etkili bir tıbbi atık yönetiminin geliştirilebilmesi için, bu alanda bilgi sahibi olan sağlık çalışanlarının görev yapması büyük önem arz etmektedir. (Akbolat et al., 2011)

1.2.TIBBİ ATIKLAR OLUŞUM, BERTARAF

Hastane faaliyetlerinin çıktısı olarak çok çeşitli atıklar bulunmaktadır. Bu atıkların etkisi bakımından önemli kısmını tıbbi atıklar oluşturmaktadır. Tıbbi atıklar genellikle kan ve kan ürünlerine bulaş içermektedir. (İncesu & Evirgen, 2017) Kan ve kan ürünleriyle bulaşan atıklar genel itibariyle tıbbı atıktır. Bertaraf edilmeye ihtiyaç duyar.

Tıbbi atıkların bertaraf edilmesindeki temel neden atıkların zararlı etkilerinden kurtulmak ile insan ve çevreye verilebilecek zararlardan korunarak, tehlikesiz hale dönüştürülmesidir. Tıbbi atıkların bertaraf edilmesi için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bunlar arasında kimyasal dezenfeksiyon, mikrodalga radyasyon, yakma, otoklavlama gibi

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

yöntemler kullanılmaktadır. Patolojik atıklar için ise yakma ve gömme gibi bertaraf yöntemleri kullanılmaktadır. Bertaraf etme yöntemi tıbbi atıkların özelliğine göre değişiklik göstermektedir. (WHO 1999)

1.3.GEREÇ VE YÖNTEM

Araştırmamızın amacı Selçuk Üniversitesi Hastanesinde çalışan tıbbi atıkla temasta bulunan sağlık personellerinden hemşirelerin bilgi düzeyini ölçmek ve kişisel bilgileriyle özellikle eğitim alma durumu ile nicel bir karşılaştırma yapıp üstüne yorumlamaktır. Eğitimlerin yetersiz olduğu, eğitim alan personelin dahi tekrar eğitim alması gerektiği, bu bağlamda mali yükün azalacağı ve ekosisteme zararın en aza indirgeneceği tarafımızca varsayılıyor.

Çalışmada veri toplama olarak Google Formlar üzerinden online anketler tercih edilmiştir. Anket formunda kişisel bilgi formu ve Tıbbi Atık Tutum Ölçeği-TATDÖ (Uskun et al., 2023) kullanılmıştır. Ölçek izni alınmıştır. Veri analiz yöntemi olarak SPSS v27.01 kullanılacaktır. T-testi, Anova testi, frekans analizleri, ortalama hesaplama gibi nicel analiz yöntemleri kullanılacaktır. Çalışmanın evreni Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Tıbbı atıklarla yoğun temasta olan sağlık personellerinden hemşireler belirlenmiştir. Diğer sağlık personelleri araştırmaya alınmayacaktır. Araştırmanın örneklem seçimine dikkat edilip her birimden personel alınmaya çalışılmıştır. Çalışmanın evreni 700 hemşire Örneklemi ise 204 hemşiredir. Araştırmanın özgünlüğü eğitim alan personelle eğitim almayan personelin karşılaştırılmasıdır. Sınırlılık alanı ise yalnızca bir üniversite hastanesinin ve belirli bir meslek grubunun verilerinin analizini içermesidir.

2. DENEYSEL UYGULAMALAR ve LİTERATÜR TARAMASI

İncesu ve Evirgen 2017 yılında 1017 örneklem ile Konya Kamu Hastaneler birliğinde bir çalışma düzenlemiştir. Çalışma tüm Kamu Hastaneler birliğine kayıtlı tüm Konya kamu hastanelerini kapsamaktadır. Bu çalışmada " *Çalışanların atıklar konusunda eğitimli oldukları, tüm sağlık tesislerinde kaynağında atık ayrıştırma işleminin yapıldığı, çalışanların genel olarak atıklar konusunda bilgilerinin yeterli olduğu ve atıkların ayrıştırılması uygulamasını önemsedikleri ve destekledikleri, sağlık tesislerinde bir atık ayrıştırma kültürün olduğu ancak atıkların sınıflandırılmasında hangi atıkların hangi gruba gireceği konusunda ve kesici delici atıkların atık kutularına atılırken dikkat edilmesi gereken hususlar konusunda bilgi eksikliğini olduğu tespit edilmiştir"* (İncesu & Evirgen, 2017) sonucu çıkmıştır.

Cansaran 2017 yılındaki çalışmasında sağlık sektöründe çalışanlarının; Köseoğlu ve arkadaşları da 2019 yılındaki çalışmalarında ayrıyeten diş hekimlerinin tıbbi atık bilgi düzeyinin cinsiyete göre anlamlı farklılık göstermediği bulgusunu elde etmiştir. (Cansaran, 2017) (Koseoglu et al., 2019)

Boz 2021 yılında yaptığı araştırmada çokça literatür taramasını ve ulusal kaynakları da daha çok göz önünde bulundurarak sonuç olarak, "Hastanede yatarak tedavi gören hastaların odalarında ve hasta yakınlarının bekleme alanlarında, tıbbi atık bilgilendirme ve tıbbi atık

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ayrıştırma notları görsel olarak bulundurulmalı, sürece katkıda bulunmaları sağlanmalı ve halk sağlığı açısından onların da sorumlulukları olduğuna dikkat çekilmelidir." (Boz, 2021)

Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ne göre tıbbi atıklar "*Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan enfeksiyoz, patolojik ve kesici-delici atıklar*" olarak tanımlanmaktadır. Yine yönetmeliği 5'inci maddesinde tıbbi atıkların evsel ve diğer atıklarla karıştırılmaması onlardan ayrı toplanması ve bertaraf edilmesi gerektiği belirtilmiştir. (Cansaran, 2017)

"*Nijerya'da tıbbi atık yönetimi ile ilgili sorunları "tıbbi atıklarla ilgili sağlık tehlikeleri, uygun atık yönetiminde yetersiz eğitim, atık yönetimi ve atık sistemlerinin olmaması, mali ve insan kaynakları yetersizliği ve konuya verilen önemin düşüklüğü konusunda bilinç eksikliği" olarak ifade etmişlerdir*." (Nwachukwu et al., 2013)

"*Uganda'da bir hastane örneği üzerinden yaptıkları çalışmada bulaşıcı atıkların tüm tıbbi atıklara oranının %40 civarında, %10 - %25 olarak kabul edilen dünya ortalamasının oldukça üzerinde olduğunu tespit etmişler, buna gerekçe olarak da atıkların incelendiğinde bulaşıcı atıkların olduğu konteynerden bulaşıcı olmayan malzemelerin de çıkmasını belirlemişlerdir. Bu durum bazı ülkelerde uygulamalara gerekli özenin gösterilmediğini ortaya koymaktadır*." (Lawrence, 2014)

"*Riyad'da (Suudi Arabistan) bir hastanede yaptıkları çalışmada iyi bir atık yönetim planıyla bulaşıcı atıkları azaltma konusunda büyük ilerleme kaydedilebileceğini belirtmişlerdir. Söz konusu atık yönetim planının amacı, bulaşıcı atık miktarını üretim noktasında genel atıktan ayırarak azaltmaktır. İyi oluşturulmuş bir plan, yazılı politika ve zorunlu hizmet içi eğitim, sürekli atık denetimi ve tüm personelin işbirliği, yakılan bulaşıcı atık miktarında% 58'lik bir azalmaya neden olabilir*." (Almuneef, 2003)

2.1.BULGULAR

Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi hemşirelerine uygulanan anket sonucu elde edilen bulgular aşağıdaki tablolarda gösterilmeye çalışılmıştır.

Tablo 2.10.1 Ankete Katılan Hemşirelerin Eğitim durumları, tecrübeleri, cinsiyetleri ve hane halkı gelirleri.

Eğitim durumu	**Frekans**	**Yüzde (%)**
Lise	53	26,00%
Önlisans	28	13,70%
Lisans	107	52,50%
Lisansüstü	16	7,80%
Tecrübe	**Frekans**	**Yüzde (%)**
0-5 Yıl	39	19,10%
5-10 Yıl	111	54,40%
10-15 Yıl	48	23,50%
Cinsiyet	**Frekans**	**Yüzde (%)**
Kadın	100	49,00%
Erkek	104	51,00%
Hane halkı geliri	**Frekans**	**Yüzde (%)**
Asgari ücret ve altı	5	2,50%

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Asgari ücret iki katına kadar	34	16,70%
Asgari ücret 2 katı ile 4 katı arasında	133	65,20%
Asgari ücret 4 katından fazlası	32	15,70%
Hizmet İçi Tıbbı Atık Eğitimi alımı	**Frekans**	**Yüzde (%)**
Evet	182	89,20%
Hayır	22	10,80%

Tablo 4.1 incelendiğinde ankete katılanların Yüzde 49'u kadın yüzde 51'i erkektir.

Hane halkı geliri Asgari ücret iki katı ile dört katı arasında yüzde 65 gibi büyük bir çoğunluktadır.

Eğitim düzeyi kısmında yüzde 52 Lisans, yüzde 26 Lise, yüzde 13 Önlisans ve yüzde 7 lisansüstü şeklinde olup Lisans hemşire ağırlıklı bir hastanedir. Tecrübe olarak 5-10 yıl arasında çalışan yüzde 54'tür, 0-5 yıl yüzde 19'tur, 10-15 yıl arası çalışan ise yüzde 23'tür 15 yılı aşmış hemşire hastanemizde çalışmamıza katılmamıştır.

Hizmet içi tıbbi atık eğitimi alma yüzdesi tüm personel tarafından yüzde 89 olup Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi hastanesinin eğitim verme potansiyelinin takdir edilmesi gerekir.

Araştırmamızın Cronbach Alfa güvenirlik değeri 0.92 olup güvenilirliği yüksek bir çalışmadır.

Ölçekte *"Cronbach alfa katsayısı, ölçeğin tamamı için 0,94 olarak, Farkındalık boyutu için 0,95; Davranışsal boyutu için 0,87; Bilişsel boyut için 0,83 ve Dikkat boyutu için 0,77 dir."*

Farkındalık boyutunu oluşturan maddeler: 1.,2.,3.,4.,7.,8.,9.,10.,11.,12.,13. Nolu maddeler (11 madde)

Davranışsal boyutunu oluşturan maddeler: 14.,15.,16.,17.,18. Nolu maddeler (5 madde)

Bilişsel boyutunu oluşturan maddeler: 5.,6.,19.,20.,21. Nolu maddeler (5 madde)

Dikkat boyutunu oluşturan maddeler: 22.,23.,24. Nolu maddeler (3 madde)" (Uskun et al., 2023) olarak ifade edilmiştir.

Araştırmamızın farkındalık boyutu yanıt ortalaması 5 üzerinden 4.38 çıkarak yüksek farkındalık düzeyine hemşirelere sahip yorumunu yapıyoruz.

Araştırmamızın davranışsal boyutu yanıt ortalaması 5 üzerinden 3.88 çıkıyor. Orta-üst düzeyde davranışsal yanıt veren hemşirelere sahip bir hastane yorumunu yaparken. Farkındalık ve davranışsal boyutun arasındaki ortalama farkı T-Testi ile ispatlanarak. Farkındalığı yüksek olan hemşireler davranışsal boyutta geri kalıyor diyebiliriz. Bunu etkileyen dış etmenler daha detaylı araştırılabilir.

Araştırmamızın Bilişsel boyutu yanıt ortalaması 5 üzerinden 4.13 çıkıyor. Yüksek seviyede bilişsel boyut ve bilinçli hemşirelere sahip bir hastanedir diyebiliriz. Tıbbi atık hizmet içi eğitim katılımının yüzde 89 olduğu da göz önünde bulundurulursa eğitimle bilinçlenen hemşireler pozitif yönde katkı sağlamıştır.

Araştırmamızın Dikkat boyutu yanıt ortalaması 5 üzerinden 4.31 çıkıyor. Yüksek seviyede tıbbi atık bilincine sahip hemşireler çalışmaktadır. Hemşirelik zaten dikkat mesleği

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

olduğu hipoteziyle de birleşirse hemşirelerin tıbbi atık dikkat boyutunun yüksek çıkmış olması sürpriz değildir.

Araştırmamızın soru cevapları arasında Davranışsal boyutu ve farkındalık boyutu arasında anlamlı fark tespit edilmiştir T-Testi sonuçları aşağıdadır.

Tablo 2.2.2. *Katılımcıların Anketin Farkındalık Boyuutu ve davranışsal boyutu arasındaki cevapların t-testi sonucu.*

	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Farkındalık boyutu	113,764	203	0,001	4,38592	4,3099	4,462
Davranış boyutu	69,499	203	0,001	3,87451	3,7646	3,984

Araştırmamızda farkındalık boyutu ve davranış boyutu arasındaki yanıt ortalamasının farkı bariz bir şekilde açıktır. Sig.(2-tailed) değeri 0.05'den küçük olduğu için anlamlı bir fark belirlenmiştir. Hemşirelerde Farkındalık yüksektir fakat bu davranışsal boyuta taşınamamaktadır. İç ve dış etmenler olarak detaylı araştırma yapılarak başka bir araştırma konusu olabilir.

Tıbbi atık eğitimi alan ve almayan hemşirelerin Tıbbi atık bilinç düzeyinin anlam ilişkisini gösteren ANOVA Tablosu aşağıdadır.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Tablo 2.2.3 *Tıbbi atık eğitimi alanların tıbbi atık bilinç düzeyine anlam ilişkisini gösteren ANOVA analizi*

.

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Bilişsel boyut ortalaması	Between Groups	2,941	1	2,941	9,729	0,002
	Within Groups	61,07	202	0,302		
	Total	64,012	203			
Farkındalık boyut ortalaması	Between Groups	1,485	1	1,485	4,995	0,027
	Within Groups	60,066	202	0,297		
	Total	61,552	203			
Davranış boyut ortalaması	Between Groups	0,029	1	0,029	0,046	0,83
	Within Groups	128,678	202	0,637		
	Total	128,707	203			
Dikkat boyut ortalaması	Between Groups	2,222	1	2,222	4,901	0,028
	Within Groups	91,601	202	0,453		
	Total	93,823	203			
Genel Ölçek ortalaması	Between Groups	1,137	1	1,137	4,317	0,039
	Within Groups	53,216	202	0,263		
	Total	54,354	203			

Tablo 4.3’ de görüldüğü gibi ‘’sig<0.05’’ değeri olduğundan tıbbi atık eğitimi alan hemşirelerin tıbbi atık bilinç düzeyiyle alakalı verdikleri sonuçlar davranışsal boyut hariç olumlu olarak ilişkilidir. Davranışsal boyutu yine ayrıca ele almak gerekecektir. Çünkü davranışsal boyutta ilişkinin tespit edilememesi şaşırtmıştır. Bu konuda tekrar çalışma yapılması önerilir.

Tıbbi atık bilişsel boyutlarda hemşirelerde tıbbi atık bilinç düzeyinin ölçülmesi olarak verilen yanıtlar aşağıdaki tablodadır.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Tablo 2.2.4. *Tıbbi atık bilinç düzeylerine hemşirelerin verdiği yanıtlar*

Tablo 4.4.1 Tıbbi atıkların yönetimi konusunda yeterli bilgi düzeyine sahibim.

	Frekans	%
Kesinlikle Katılmıyorum	1	0,5%
Katılmıyorum	3	1,5%
Kararsızım	12	5,9%
Katılıyorum	94	46,1%
Kesinlikle Katılıyorum	94	46,1%

Tablo 2.2.5 Tıbbı atık olarak tanımlanan malzemeleri kaynağında uygun bir şekilde ayrıştırarak uzaklaştırdığımı düşünüyorum.

	Frekans	%
Katılmıyorum	5	2,5%
Kararsızım	12	5,9%
Katılıyorum	91	44,6%
Kesinlikle Katılıyorum	96	47,1%

Tablo 2.2.6 Çalıştığım kurumun tıbbi atık planını biliyorum.

	Frekans	%
Kesinlikle Katılmıyorum	9	4,4%
Katılmıyorum	14	6,9%
Kararsızım	30	14,7%
Katılıyorum	86	42,2%
Kesinlikle Katılıyorum	65	31,9%

Tablo 2.2.7. Çalıştığım kurumun tıbbi atık depolama alanının yerini biliyorum.

	Frekans	%
Kesinlikle Katılmıyorum	6	2,9%
Katılmıyorum	25	12,3%
Kararsızım	43	21,1%
Katılıyorum	45	22,1%
Kesinlikle Katılıyorum	85	41,7%

Tablo 2.2.8. Çalışırken oluşan atıkların tıbbi atık olup olmadığını kolayca ayırt edebilirim.

	N	%
Kesinlikle Katılmıyorum	2	1,0%
Katılmıyorum	13	6,4%
Kararsızım	16	7,8%
Katılıyorum	87	42,6%
Kesinlikle Katılıyorum	86	42,2%

Tablodaki Frekans analizleri incelendiğinde genel cevaplar olumlu ve tıbbi atık bilinç düzeyinin yüksekliğiyle ölçülmüştür. Bu frekans analizleri hastanenin hizmet içi eğitiminin sonuçlarının olumlu olduğunu kanıtlıyor. Selçuk Tıp fakültesi hastanesi hemşirelerinin Tıbbi atık bilinç düzeyi yüksektir olarak yorumlayabiliriz.

Cinsiyetin Tıbbi atık bilinç düzeyine ve genel soruların hepsine yanıtı değiştiren bir değişken olmadığı t-testi ile kanıtlanmıştır. (t=-0,55), (sig.2 tailed=0.58) Bu bulguyla 2017 Cansaran ve 2019 Köseoğlu araştırmalarında olduğu gibi cinsiyetin tıbbi atık bilinç düzeyine etkisi ölçülememiştir.

3.SONUÇ ve DEĞERLENİRME

Anketimize katılan hemşirelerin büyük çoğunluğu tıbbi atıklara dair hizmet içi eğitim aldıklarını belirtmiştir. Hemşirelerde tıbbi atık bilinci oluşturmak için bu konuda yapılan hizmet içi eğitimler son derecede önemlidir. Çalışanlara tıbbi atık eğitimi veren üniversite hastanesi örneğimiz bu konudaki önemli bir görevi yerine getirmiştir. Bu görevi yerine getirmesine bağlı olarak olması gerek sonuçlar çok olumlu çıkmıştır. Örneğimizdeki üniversite hastanesinin hemşirelerinin tıbbi atık bilinç düzeyi yüksek ölçülmüştür. Yeni başlayan personellere de eğitimi öncelik tanıması önerimizdir.

Hizmet içi tıbbi atık eğitimi alan ve almayan azınlıktaki grup arasındaki cevaplarda anlamlı bir değişiklik vardır. Yaş, Cinsiyet, Gelir düzeyi gibi gruplarda cevaplara anlamlı bir değişiklik yoktur.

Hemşirelerin çoğu atık depolarının yerini bilme gibi zor soruların cevabını bildiklerini belirtmişlerdir. Bu hemşirelerin genel olarak eğitimlerden öğreneceği bilgiler olduğu düşünülmüştür. Hemşirelerin Hizmet içi eğitimden öğrenim seviyesinin yüksek olduğu öngörülmüştür. Sonraki araştırmalarda başka meslek kolundaki personellere de tıbbi atık bilinç düzeyi ölçümü yapılıp retrospektif bir karşılaştırma yapılabilir.

4.GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Hemşireler, ölçekte farkındalık düzeyini belirleyen sorulara yüksek bilinçle cevap verilmiştir. Lakin bu düzeyi davranışsal bilinçte pek yansıtamamıştır. Bu konuda hemşirelerin sahip oldukları tıbbi atık farkındalık bilincini davranışsal bilince çevirememesinin sebeplerinin araştırılması önerilir. Yorum olarak dış etmenlerden etkilenildiği ve klinik yoğunluk olabilir mi soruları akla gelmektedir.

Bu çalışmada; Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi hemşirelerinin tıbbi atıklar konusunda bilinçli ve duyarlı olduğu sonucuna varabiliriz. Ancak eğitimin bilinçlilik artışındaki önemi düşünüldüğünde ve bu kanıtlanmış testlerle sonuçların yönü gözetildiğinde, tıbbi atıklarla ilgili verilen hizmet içi eğitimler sık sık, aralıklarla yapılmalıdır. Özellikle yeni gelen personele tanımlanmalı ve takipçisi olunmalıdır.

5.KAYNAKÇA

Akbolat, M., Işık, O., Dede, C., & Çimen, M. (2011). Sağlık Çalışanlarının Tıbbi Atık Bilgi Düzeylerinin Değerlendirilmesi [Assessment of Health Professionals' Knowledge Levels About Medical Waste]. *Acıbadem Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*(3), 131-140. http://journal.acibadem.edu.tr/en/pub/acusaglik/issue/61292/914132

Almuneef, M., and Ziad A. Memish. (2003). Effective Medical Waste Management: İt Can Be Done. *American Journal of Infection Control*, *31*, 4.

Boz, M. K. (2021). Sağlık çalışanlarının tıbbi atık yönetimi bilgi düzeylerinin değerlendirilmesi. *4*, 7.

Cansaran, D. (2017). Çalışanların Tıbbi Atık Bilinci Düzeyini Belirlemeye Yönelik Bir Çalışma: Merzifon Devlet Hastanesi Örneği. *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*, *6*.

İncesu, E., & Evirgen, H. (2017). [Sağlık Çalışanlarının Hastane Atıkları Konusunda Bilgi Düzeylerinin Değerlendirilmesi ve Atık Minimizasyonu: Konya Kamu Hastaneleri Birliği Genel Sekreterliği Örneği]. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, *6*(3), 56-64. https://dergipark.org.tr/tr/pub/gumussagbil/issue/31206/361833

Koseoglu, M., Toptan, H., & Altındiş, S. (2019). Diş Hekimlerinin Tıbbi Atık Yönetimi Konusundaki Bilgi, Tutum ve Davranışlarının Araştırılması. *Sakarya Medical Journal*. https://doi.org/10.31832/smj.483234

Küçük, A. (2013). <Tıbbi Atık Yönetiminin Ekonomisi[#919144]-1713891.pdf>. *Sayıştay Dergisi ˙• Sayı: 90/ Temmuz-Eylül*, *70*.

Lawrence, M. (2014). Lawrence Muhwezi, Paul Kaweesa, Faisal Kiberu and I. Luke Enyenu Eyoku (2014), Health Care Waste Management in Uganda -A Case Study of Soroti Regional Referral Hospital, International Journal of waste Management and Technology, Vol. 2(2), pp. 1-12. *International Journal of waste management and Technology*, *2*, 1-12.

Nwachukwu, N. C., Frank Anayo, O., & Ugbogu, O. C. (2013). Health Care Waste Management – Public Health Benefits, and the Need for Effective Environmental Regulatory Surveillance in Federal Republic of Nigeria. In A. J. Rodriguez-Morales (Ed.), *Current Topics in Public Health*. IntechOpen. https://doi.org/10.5772/53196

Uskun, E., Akçam, F. Z., & Öztop, R. (2023). Development of Attitude and Behavior Scale Towards Medical Wastes: A Methodological Study. *Flora the Journal of Infectious Diseases and Clinical Microbiology*, *28*(2), 238-252. https://doi.org/10.5578/flora.20239923

Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, (14.03.2005). Resmi Gazete Sayısı: 25755.

WHO, (1999). Safe Management of WastesFromHealtcareActivities, Dünya Sağlık Örgütü, Cenevre.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

LABORATUVAR TEKNİSYENLERİNİN TIBBİ YAPAY ZEKÂ UYGULAMARINA YÖNELİK TUTUMLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Selçuk Üniversitesi, Orkun ÜNAL, Yüksek lisans öğrencisi- orkun9lab@gmail.com- 0009-0000-3240-3451

Selçuk Üniversitesi, Prof. Dr. Handan ERTAŞ, handanertas@selcuk.edu.tr- 0000-0003-1794-0296

ÖZET

Yapay zekâ, bilgisayar sistemlerinin insan zihnini taklit ederek öğrenme, problem çözme ve kendi kendini geliştirme yeteneklerine sahip olmasıyla tanımlanan bir teknoloji alanıdır. Geçmişten günümüze yapay zekâ; eğitim, sağlık, ekonomi gibi pek çok alanda kritik bir rol üstlenmiştir. Tıbbi yapay zekâ uygulamaları, özellikle hastalıkların erken tanısında ve tedavi süreçlerinin desteklenmesine önemli katkılar sağlanmaktadır. Bu görüşlere dayanılarak bu çalışma Tıbbi Yapay Zekâ Hazır Bulunuşluk Ölçeği kullanılarak Konya ilinde bulunan Meram Devlet Hastanesi, Numune Hastanesi, Şehir Hastanesi ve Beyhekim Eğitim ve araştırma hastanesinde çalışan laboratuvar teknisyenlerine yapılmıştır veri toplama süreci Google forms aracılığıyla çevrimiçi anket olarak gerçekleştirilmiştir. Toplam 229 kişiye ulaşılmıştır. Bu 229 kişisin 29'u farklı birimlerde çalıştığı için 200 kişi geçerli olarak sayılmıştır. Çalışmada demografik faktörlerin tıbbi yapay zekâya hazır bulunuşluk düzeyleri ölçülmüştür. Veriler SPSS 27.0 da analiz edilmiş ve normallik testleri Skewness-Kurtosis ile yapılmış normallik sağlandığı durumlarda parametrik testler uygulanmıştır. Çalışmada hazır bulunuşluk ölçeğinin bilişsel, beceri, öngörü ve etik faktörlerinden elde edilen puanlar yaş, öğrenim düzeyi ve meslekteki çalışma yılı değişkenleri açısından değerlendirilmiştir. Analiz sonuçları öğrenim düzeyi açısından yüksek lisans mezunlarının tüm faktörlerde önlisans ve lisans mezunlara kıyasla daha yüksek puan aldığı belirlenmiştir. Meslekte çalışma yılına ilişkin bulgular ise tüm alt boyutlarda anlamlı düzeyde farklılık olduğunu ortaya koymuş daha az deneyimli çalışanların en yüksek puanlara sahip olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zekâ, Tıbbi Yapay Zekâ, Erken Tanı

EVALUATION OF LABORATORY TECHNICIANS ATTIUDES TOWARD MEDICAL ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATIONS

Abstract

Artificial intelligence is a field of technology defined by computer systems that mimic the human mindand possess the ability to learn, solve problems, and improve themselves. From the past to the present, artificial intelligence has played a critical role in many areas such aseducation, health, and economics. Medical artificial intelligence applications make significant contributions, particularly in the early diagnosis of diseases and supporting treatment processes. Based on these views, this study was conducted using the Medical Artificial Intelligence Readiness Scale among laboratory technicians working at Meram State Hospital, Numune Hospital, City Hospital, and Beyhekim Training and Research Hospital in

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Konya province. Data collection was carried out online via Google Forms. A total of 229 individuals were reached. Of these 229 individuals, 29 worked in different units, so 200 individuals were considered valid. The study measured the readiness levels for medical artificial intelligence based on demographic factors. The data were analyzed using SPSS 27.0, and normality tests were performed using Skewness-Kurtosis. Parametric tests were applied when normality was achieved. In the study, the scores obtained from the readiness scale's cognitive, skill, foresight, and ethical factors were evaluated in terms of age, education level, and years of work experience in the profession. The analysis results determined that master's degree graduates scored higher than associate's and bachelor's degree graduates in all factors in terms of educational level. Findings related to years of experience in the profession revealed significant differences in all sub-dimensions, with less experienced employees scoring the highest.

Key Words: Artificial İntelligence, Medical Artificial İntelligence, Early Diagnosis

GİRİŞ

Yapay zekâ günümüzde sağlık başta olmak üzere birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Sağlık alanında, yapay zekâ tanı, görüntüleme ve laboratuvar otomasyonu gibi kritik süreçlerde etkin olarak uygulanmakta, hata oranlarını azaltmak, hız ve verimliliği artırmaktadır(Jiang vd., 2017; Topol, 2019). Tıbbi yapay zekânın etkin bir şekilde kullanımı yalnızca sistemin öğrenilmesine değil aynı zamanda kullanıcıların da bunu benimseyerek iş akışlarına entegre etmesine bağlıdır. Laboratuvar teknisyenleri, cihaz kullanımından analiz çıktılarının yorumlanmasına kadar sürecin her aşamasında rol aldıklarından sistemin başarılı entegrasyonunda kritik bir konumdadır. Mevcut literatürde sağlık çalışanların yapay zekâya yönelik tutumları genellikle hemşireler, tıp fakültesi öğrencileri üzerinde incelenmiştir(Elmaoğlu & Güleç, 2025; Gencer & Gencer, 2024). Bu çalışma laboratuvar teknisyenlerinin tıbbi yapay zekâ uygulamalarına yönelik tutumlarını bilişsel, beceri, öngörü ve etik boyutlar üzerinden incelemeyi demografik faktörlere göre farklılaşıp farklılaşmadığını ortaya koymaktadır.

1.YAPAY ZEKÂ KAVRAMI VE TARİHİ

Yapay Zekâ (YZ), insan zekasının kopyalanarak oluşturulduğu cihazlar ve sistemlerin bütünü olarak söylenir(Akyol & Özkan, 2023). Yapay zeka, belirli bir zaman diliminde sadece insanlar için bir yardımcı hizmet iken günümüzde her endüstri alanında ve teknolojik aletlerde kullanılmaktadır(Batok, 2020; *Russell, S. J., & Norvig, P. (2021). Artificial Intelligence A Modern Approach (4th ed.). Pearson.*, t.y.). Yapay zekâ kavramının temelleri 1950'li yıllarda Alan Turing'in makinelerin düşünme yetisine sahip olup olamayacağına dair ortaya attığı soruyla atılmıştır. Özellikle II. Dünya Savaşı döneminde, şifre çözme amacıyla geliştirilen elektromekanik sistemler bu alandaki gelişmelere zemin hazırlamıştır(Nacaroğlu & Savcı, 2023). Her ne kadar Alan Turing yapay zekânın öncüsü olarak kabul edilse de, ‘’yapay zekâ’’ terimi ilk kez 1956 yılında John McCarthy tarafından Dartmouth Koleji'nde düzenlenen bir çalıştayda dile getirilmiştir(Coşkun & Gülleroğlu, 2021). Bu toplantı, modern yapay zekâ araştırmalarının başlangıç noktası olarak kabul edilmekte olup, McCarthy'nin yanı sıra Marvin

Minsky, Nathaniel Rochester gibi alana yön veren önemli isimlerin katılımıyla gerçekleştirilmiştir(Dick, 2019).1950'lerde ivme kazanan yapay zekâya yönelik ilgi, 1980'li yılların sonlarına doğru giderek azalan bir seyir izlemiştir(Güven, 2024a; Katz, 2017). Yapay zekâ Kışı olarak adlandırılan durgunluk döneminin ardından, 2000'li yılların ilk on yılı itibarıyla teknolojik ilerlemenin de etkisiyle yapay zekâ, bilgi sistemleri içerisinde yeniden merkezi bir noktaya ulaşmış ve bu yapay zekâ alanındaki araştırmalar belirgin bir biçimde artış göstermiştir(Bolayır, 2024; Güven, 2024a).

2.TIBBİ YAPAY ZEKÂ KAVRAMI

Tıbbi yapay zekâ, sağlık hizmetlerinde tanı koyma ve tedavi sürecine destek olmak amacıyla geliştiren, hastalıkların belirlenmesi ve uygun tedavi yaklaşımların önerilmesini sağlayan yapay zekâ tabanlı sistemleri ifade etmektedir(DEMİRHAN vd., 2010). Tıbbi yapay zekâ; hastaların geçmişinde geçirdiği hastalıkları, laboratuvar sonuçlarını, görüntüleme verileri gibi karışık verileri analiz ederek tanı koyma, hastalık riskini öngörme, tedavi planlama ve daha pek çok konuda hekimlere ve sağlık çalışanlarına destek sağlar(Fahim vd., 2025).

3.TIBBİ YAPAY ZEKÂNIN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

Yapay zekâ, nörolojik hastalıkların erken teşhisinde önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle Parkinson, Alzheimer ve Multipl Skleroz (MS) gibi hastalıkların erken aşamalarının tespitinde, beyin görüntüleme ve ses analizi gibi teknikler kullanılmaktadır. Mühendislerle yapılan işbirlikleri sonucunda MR bulguları, ses verileri ve video analizleri ile yapay zekâ destekli yazılımlar geliştirilmiştir(Yıldız, 2024). Yapay zekâ, kalp hastalıkların teşhisinde de önemli bir rol oynamaktadır. Stanford Üniversitesi'nde gerçekleştirilen bir araştırma, yapay zekâ algoritmalarının EKG verilerini de analiz ederek kalp krizi belirtilerini doktorlardan daha doğru bir şekilde tespit edebildiğini ortaya koymuştur(Kılıç, 2025; Stanford University, t.y.). Kan kanserlerinin tanısında etkin bir rol almaya başlayarak bu sayede kanser hücrelerinin saniyeler içinde tespit edilebildiği belirlenmiştir(TRT Haber, 2024).

Yapay zekâ, sağladıkları çeşitli avantajların yanında bazı olumsuz etkilerle de gündeme gelmektedir(Altıntop, 2023; Güven, 2024a). Bu teknolojilere yönelik en yaygın eleştiriler, özellikle kişisel verilerin korunması ve mahremiyetin ihlali gibi konularda ciddi riskler barındırdığı yönündedir(Altıntop, 2023).Yapay zekânın olumsuz etkileri arasında öne çıkan başlıca konular, iş gücü kayıpları ve veri güvenliği riskleridir. Otomasyon süreçlerinin yaygınlaşması, belirli sektörde insan emeğine olan ihtiyaç azaltmakta ve bu durum işsizlik oranlarını arttırabilecek bir tehdit olarak değerlendirilmektedir(Güven, 2024a).

4. TIBBİ YAPAY ZEKÂNIN KÜRESEL ÖLÇEKTE SAĞLIK ALANINDAKİ UYGULAMASI

Sağlık kuruluşlarının sürdürülebilirliğini sağlamaları ve rekabet güçlerini koruyabilmeleri, hizmet kalitesini sürekli arttırırken maliyetleri düşürmelerine bağlıdır. Bu doğrultuda, sağlık alanında hem ekonomik verimlilik sağlayan hem de hizmet kalitesini yükselten bazı yapay zekâ uygulamaları vardır(Tarcan vd., 2024). Bunlar; ABD'de faaliyet gösteren Centerstone Araştırma Enstitüsü tarafından yürütülen bir araştırmada, yapay zekâ destekli tanı sistemlerinin geleneksel yöntemlere kıyasla daha düşük maliyetli olduğu belirlenmiştir. Çalışma kapsamında rastgele seçilen yaklaşık 500 hastanın klinik verileri analiz edilmiş ve yapay zekâ algoritmaları

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ile yapılan tanıların maliyet açısından avantaj sağladığı saptanmıştır. Bulgulara göre, yapay zekâ temelli tanı süreçlerinde hasta başına ortalama maliyet 189 dolar iken, geleneksel yöntemdeki maliyet 497 dolar olarak hesaplanmıştır(Tarcan vd., 2024).

5.TÜRKİYE'DE SAĞLIK ALANINDA TIBBİ YAPAY ZEKÂ UYGULAMALARI

Sağlık sektöründe, T.C. Sağlık Bakanlığı öncülüğünde yapay zekâ tabanlı çeşitli uygulamalar günlük hayata uyarlanmış ve uygulamaya başlanmış bu alandaki çalışmalar devam etmektedir. Özellikle bulaşıcı hastalıkların yönteminde yapay zekâ sistemleri sağlık otoriteleri tarafından etkin biçimde kullanılmaktadır. Bu kapsamda ''Korona Önlem Uygulaması'', DSÖ'nün Covid-19'u küresel salgın ilan etmesi ve Türkiye'de ilk vakanın görülmesinin hemen ardından vatandaşların hizmetine sunulmuştur(Tarcan vd., 2024). Sağlık Bakanlığı yoğun bakımlara ''Yoğun Bakım Merkezi Yönetim Sistemi'' kurarak yoğun bakımlardaki hizmetlerin kesintisiz olarak devam etmesini ve yapay zeka ile analiz edilmesi sağlanacaktır(Anadolu Ajansı, 2024).

6.YÖNTEM

6.1 Araştırmanın Amacı ve Çalışma Grubu

Bu araştırmada, laboratuvar teknisyenlerinin tıbbi yapay zekâ uygulamalarına yönelik tutum ve görüşlerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Araştırmanın evreni, Konya ilindeki Meram Devlet Hastanesi, Numune Hastanesi, Şehir Hastanesi ve Beyhekim Eğitim ve Araştırma Hastanelerinde görev yapan toplam 229 laboratuvar teknisyeni oluşturmaktadır. Bu teknisyenlerin 29'u farklı birimlerde çalışması nedeniyle araştırma kapsamına dahil edilmemiş olup, çalışma evreni 200 laboratuvar teknisyeninin oluşmaktadır. Örneklem büyüklüğü, Sekaran'ın (1992) geliştirdiği örneklem belirleme tablosu esas alınarak hesaplanmıştır(Sekaran, U. (1992). Research Methods for Business A Skill-Building Approach. John Wiley & Sons. - References - Scientific Research Publishing, 1992).

6.2 Araştırma Tipi ve Çalışma Soruları

Bu araştırma, nicel araştırma yöntemlerinden betimsel tarama modeli çerçevesinde yürütülmüştür.

1- Laboratuvar teknisyenlerinin tıbbi yapay zekâya yönelik hazır bulunuşluk düzeyleri nasıldır?
2- Hazır bulunuşluk düzeyleri, cinsiyet değişkenine göre anlamlı bir farklılık göstermekte midir?
3- Hazır bulunuşluk düzeyleri, yaş gruplarına göre farklılık göstermekte midir?
4- Laboratuvar teknisyenlerinin mezuniyet durumu, tıbbi yapay zekâya yönelik hazır bulunuşluk düzeylerini nasıl etkilemektedir?
5- Çalışma yılı, teknisyenlerin tıbbi yapay zekâya yönelik hazır bulunuşluk üzerinde anlamlı bir farklılık var mıdır?

6.3 Verilerin Toplanması ve Analizi

Araştırmada veri toplama aracı olarak, ''Tıbbi Yapay Zekâ Hazır Bulunuşluk Ölçeği'' kullanılmıştır(ÇALIŞKAN vd., 2021). Bu ölçek, bireylerin tıbbi yapay zekâ uygulamalarına yönelik hazır bulunuşluk düzeylerini ölçmeyi amaçlayan, geçerlik ve güvenilirlik çalışmaları yapılmış bir ölçme aracıdır. Araştırmada kullanılan ölçekte alt boyutları puan aralıkları dikkate

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

alınarak değerlendirilmiştir. Bilişsel Faktör ve Beceri Faktörü alt boyutlarının her biri minium 8 puan maksimum 40 puan aralığında değişmektedir. Öngörü Faktörü ve Etik Faktöründen alınabilecek puanlar minimum 3 puan maksimum 15 puandır. Ölçekten elde edilen puanlar arttıkça katılımcıların yapay zekâya hazır bulunuşluk düzeyleri de artmaktadır.

Katılımcıların anketi tamamlaması için ortalama 6-8 dakika yeterli olmuştur. Ölçek, 5'li Likert Tipi (1-Kesinlikle katılıyorum 2-Katılmıyorum 3-Nötr 4-Katılıyorum 5-Kesinlikle Katılıyorum) olarak düzenlenmiştir. Ölçek; (ÇALIŞKAN vd., 2021) tarafından geliştirilmiş ve araştırmada izin alınarak kullanılmıştır. Ölçek 4 alt boyut ve 22 maddeden oluşmaktadır. Toplanan veriler, IBM SPSS v27 programı kullanılarak analiz edilmiştir. Veriler, çevrimiçi ortamda Google Form aracılığıyla toplanmıştır. Katılımcılara anket formu internet yoluyla ulaştırılmış, veriler anonim ve gönüllülük esasına göre elde edilmiştir.

Çalışmada gruplar arası ortalama farklarını incelemek amacıyla analiz öncesinde varsayımlar değerlendirilmiş; normallik dağılımı basıklık (skewness) ve çarpıklık (kurtosis) testi ile incelenmiş verilerin normal dağıldığını göstermiştir. Cronbach Alfa değeri 0,82 olarak hesaplandığı görülmüştür. Verilerin analizinde parametrik testler kullanılmış bu bağlamda Bağımsız Gruplar T-Testi, Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) testi uygulanmıştır. ANOVA analizinde gruplar arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla Post-Hoc testlerinden Dunnet's T3 kullanılmıştır.

7.BULGULAR

Çizelge 1. Temel Demografik Bulgular

Değişkenler (N=132)		
	Sayı	**Yüzde (%)**
Cinsiyet		
Erkek	71	53,8
Kadın	61	46,2
Öğrenim Düzeyi		
Lise-Önlisans	22	16,7
Lisans	97	73,5
Yüksek lisans	13	9,8
Yaş Grubu		
18-30	35	26,5
31-45	48	36,4
46+	49	37,1
Çalışma Yılı		
1-10	35	26,5

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

11-25	52	39,4
26+	45	34,1

Araştırmaya katılan laboratuvar teknisyenleri çalışanlarının temel demografik bulguları Çizelge 1'de yer almaktadır. Katılımcıların %53,8'i erkek, %46,2'si kadındır. Bu bulgular, araştırma grubunda erkeklerin kadınlara oranla daha fazla olduğunu göstermektedir. Katılımcıların öğrenim düzeyleri incelendiğinde %16,7'si lise-önlisans mezunu, %73,5'u lisans mezunu ve %9,8'i yüksek lisans mezunudur. Yaş dağılımları incelendiğinde %26,5'u 18-30 yaş grubu aralığında, %36,4'ü 31-45 yaş grubu aralığında, %37,1'i 46 yaş ve üstü grubunda yer almaktadır. Katılımcıların çalışma yılı dağılımına bakıldığında 1-10 yıl arası iş deneyimine sahip olanların oranı %26,5, 11-25 yıl arası deneyime sahip olanların oranı %39,4, 26 yıl ve üzeri deneyime sahip olanların çalışanların oranı ise %34,1 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 2. Demografik Değişkenlere Göre Tıbbi Yapay Zekâ Hazır Bulunuşluk Ölçeğinin Alt Boyutlarının Karşılaştırılması

Değişkenler	Gruplar	Bilişsel F. (Ortalama±SS)	Beceri F. (Ortalama±SS)	Öngörü F. (Ortalama±SS)	Etik F. (Ortalama±SS)
Cinsiyet	**Erkek**	23,91±7,77	27,50±7,54	9,94±3,12	10,66±2,95
	Kadın	23,55±7,20	27,36±7,84	10,14±3,04	10,60±2,99
	t	0,27	0,10	-0,37	0,10
	p	0,78	0,91	0,70	0,91
Öğrenim Düzeyi	**Önlisans**	25,68±4,72	29,09±4,10	10,09±2,36	11,13±1,67
	Lisans	22,43±7,80	26,72±8,47	9,92±3,35	10,39±3,21
	Yüksek lisans	30,30±4,25	30,00±4,41	10,76±1,64	11,61±2,46
	F	7,98	1,68	0,42	1,36
	p	<0,001	0,19	0,65	0,26
Yaş Grubu	**18-30**	26,22±5,50	30,91±4,48	10,88±2,45	11,68±2,02
	31-45	24,87±6,71	27,83±6,48	10,39±2,74	10,95±2,37
	46+	20,87±8,56	24,57±9,34	9,08±3,55	9,57±3,66
	F	6,58	7,84	4,21	6,09
	p	0,002	<0,001	0,017	0,003
Çalışma yılı	**1-10**	25,68±6,13	30,54±5,20	10,62±2,78	11,51±2,24
	11-25	25,46±6,32	28,21±5,80	10,42±2,62	11,07±2,08

26+	20,26±8,52	24,13±9,75	9,13±3,59	9,44±3,85
F	8,20	8,13	3,09	6,21
p	<0,001	<0,001	0,049	0,003

Analiz sonuçlarına göre Tıbbi Yapay Zekâ Hazır Bulunuşluk Ölçeği'nin alt boyut puanları cinsiyete göre anlamlı bir farklılık göstermemektedir($p>0,05$). Bu durum, ölçeğin alt boyutları açısından kadın ve erkek katılımcıların benzer düzeyde hazır bulunuşluğa sahip olduğunu göstermektedir. Dunnett's T3 testi sonuçlarına göre öğrenim düzeyine göre bilişsel faktör puanları arasında anlamlı farklılıklar bulunmaktadır. Önlisans mezunlarının bilişsel faktör puanları lisans mezunlarından anlamlı düzeyde daha yüksektir ($p<0.05$). Ayrıca yüksek lisans mezunlarının bilişsel faktör düzeyleri, hem önlisans hem de lisans mezunlarına göre anlamlı düzeyde daha yüksektir ($p<0,05$). Buna göre bilişsel faktör puanları en düşük lisans, ardından önlisans, en yüksek ise yüksek lisans mezunlarında görülmektedir. Beceri, Öngörü ve Etik Faktörlerinden elde edilen puanlar açısından öğrenim düzeyleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır($p>0,05$). Dunnett's T3 testi sonuçlarına göre yaş gruplarının bilişsel, beceri, öngörü ve etik faktörü puanları arasında anlamlı farklılıklar bulunmaktadır. 18-30 yaş aralığında bulunan teknisyenlerin bilişsel faktör puanları 31-45 yaş aralığında bulunan teknisyenlerden ve 46 yaş ve üstü grubunda bulunan teknisyenlerden anlamlı düzeyde daha yüksektir($p<0,05$). Buna göre bilişsel faktör puanları en düşük 46 yaş ve üstü ardından 31-45 yaş grubundaki teknisyenler ve en yüksek ise 18-30 yaş grubu aralığında görülmektedir. Benzer biçimde beceri, öngörü ve etik faktörü alt boyutlarında da yaş grupları arasında aynı yönde ve düzeyde anlamlı farklılıklar saptanmıştır. Dunnett's T3 testi sonuçlarına göre meslekteki çalışma yıllarına göre bilişsel, beceri, öngörü ve etik faktörü puanları arasında anlamlı farklılıklar bulunmaktadır. 1-10 yıl arasında çalışan kişilerin bilişsel faktör, beceri faktörü, öngörü faktörü ve etik faktörü puanları 11-25 yıl ve üstünde çalışan teknisyenlerden ve 26 yıl ve üstü çalışan teknisyenlerden anlamlı düzeyde daha yüksektir($p<0,05$). Benzer biçimde beceri, öngörü ve etik faktörü alt boyutlarında çalışma yılları arasında aynı yönde ve düzeyde anlamlı farklılıklar saptanmıştır.

8.TARTIŞMA

Bulgulara göre Tıbbi Yapay Zekâ Hazır Bulunuşluk Ölçeğinin alt boyutlarının demografik değişkenlere göre farklılıklar gösterdiği saptanmıştır. Cinsiyet demografisi için alt boyut puanları açısından anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Eğitim düzeyi, yaş grubu ve meslekteki çalışma yılları gibi değişkenler Tıbbi Yapay Zekâ Hazır Bulunuşluk Ölçeğinin bilişsel, beceri, öngörü ve etik faktörler olan alt boyutlarını anlamlı bir düzeyde etkilemiştir. Yüksek lisans mezunlarının bilişsel faktörden aldıkları puanlar önlisans mezunu ve lisans mezunlarından daha fazla puan alarak anlamlı bir fark oluşmuştur fakat bilişsel faktör hariç diğer alt faktörler açısından anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Bulgular 18-30 yaş aralığındaki katılımcıların alt boyutlardan hepsinde puanların daha yüksek olduğu, 46 yaş ve üzeri grubun ise en düşük puanlara sahip olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, genç çalışanların teknolojik gelişmelere daha hızlı adapte olmasını ve dijital uygulamalara yönelik algılarının daha yüksek bir seviyede olmasıyla açıklanabilir. Mesleki deneyimi 1-10 yıl arasında olan çalışanların 11-25 yıl

arasındaki çalışanlara göre ve 26 yıl ve üstü mesleki deneyimi olan kişilere göre tüm alt boyutlarda daha yüksek puanlara sahip olması, genç ve mesleğe yeni başlayan sağlık çalışanlarının teknolojik yeniliklere daha açık olmasıyla ilişkili olabilir. Uzun yıllardır meslekte çalışanların yapay zekâ uygulamalarına yönelik daha temkinli bir yaklaşım sergilemeleri, yeni teknolojilerin iş süreçlerini değiştirme potansiyeline yönelik kaygılarla açıklanabilir.

9.SONUÇLAR

Bu çalışmada, Konya ilinde bulunan Meram Devlet Hastanesi, Numune Hastanesi, Şehir Hastanesi ve Beyhekim Eğitim ve Araştırma Hastanesinde çalışan laboratuvar teknisyenlerinin Tıbbi Yapay Zekâ Hazır Bulunuşluk Ölçeğinde bulunan bilişsel, beceri, etik ve öngörü alt boyutlarının demografik faktörlerle ilişkisi incelenmiştir. Çalışmanın bulguları, eğitim düzeyi, yaş, meslekte çalışma yılı gibi faktörlerin tıbbi yapay zekâ hazır bulunuşluğun alt boyutlarında anlamlı farklılıklar göstermiştir. Yüksek lisans mezunlarının alt boyutlarda alınan puanların lisans ve önlisans mezunu kişilere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yaş gruplarında göre en genç katılımcılar alt boyutların hepsinde yüksek puan alarak tıbbi yapay zekâ'ya daha yakınken yaş ilerledikçe tıbbi yapay zekâya bakılan bakış açısı zayıflamıştır. Genel olarak bu çalışma, sağlık kurumlarında yapay zekâ uygulamaların etkin şekilde kullanılabilmesi için yaş, eğitim düzeyi ve meslekteki çalışma yılları gibi bireysel faktörlerin dikkate alınması gerekmektedir. Yapay zekâ uygulamalarının benimsenmesi için eğitim stratejileri uygulanmalıdır.

10. KAYNAKLAR

Ahmed, S., Kapadia, A., Ahmed Siddiqui, I., Shaukat, A., Khan, M. D., Alam Khan, M. Q., Iqbal, S., Abbas, G., Zubairi, A. M., Nawaz Naqvi, S. H., Sadiqa, A., Jafri, L., & Siddiqui, I. (2024). Artificial Intelligence—Perception of Clinical Laboratories' Technical Staff a Nationwide Multicentre Survey in Pakistan. *EJIFCC*, *35*(1), 23-30.

Akyol, İ. T., & Özkan, N. A. Ş. (2023). YAPAY ZEKA UYGULAMALARININ YEREL HİZMET SUNUMUNA ETKİSİ. *Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, *18*(1), Article 1. https://doi.org/10.48145/gopsbad.1287364

Altıntop, M. (2023). YAPAY ZEKÂ/AKILLI ÖĞRENME TEKNOLOJİLERİYLE AKADEMİK METİN YAZMA: CHATGPT ÖRNEĞİ. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, *46*, Article 46.

Anadolu Ajansı. (2024, Kasım 26). *Yoğun bakımlara yapay zeka destekli anlık takip geliyor*. https://www.aa.com.tr/tr/saglik/yogun-bakimlara-yapay-zeka-destekli-anlik-takip-geliyor/3404513

Batok, N. (2020, Kasım 30). *Artificial Intelligence has changed our world*. Meer. https://www.meer.com/en/64215-artificial-intelligence-has-changed-our-world

Bolayır, M. A. (2024). Yapay Zeka, İnsan Hakları ve İnsan Haklarının Korunması Açısından Yapay Zekanın Denetimi. *TIDE AcademIA Research*, *5*(2), Article 2.

Coşkun, F., & Gülleroğlu, H. D. (2021). Yapay Zekanın Tarih İçindeki Gelişimi ve Eğitimde Kullanılması. *Ankara University Journal of Faculty of Educational Sciences (JFES)*, *54*(3), Article 3. https://doi.org/10.30964/auebfd.916220

ÇALIŞKAN, Prof. Dr. S. A., KARACA, Doç. Dr. O., & DEMİR, Doç. Dr. K. (2021). *Tıbbi Yapay Zeka Hazırbulunuşluk Ölçeği*. https://doi.org/10.1186/s12909-021-02546-6

Çetin, B. (2023). SAĞLIK HİZMETLERİ VE YAPAY ZEKA. *Uluslararası Ekonomi ve Siyaset Bilimleri Akademik Araştırmalar Dergisi*, *7*(17), Article 17. https://doi.org/10.58202/joecopol.1364565

DEMİRHAN, A., KILIÇ, Y. A., & GÜLER, İ. (2010). Tıpta Yapay Zeka Uygulamaları. *Yoğun Bakım Dergisi*, *9*(1), 31-41.

Dick, S. (2019). Artificial Intelligence. *Harvard Data Science Review*, *1*(1). https://doi.org/10.1162/99608f92.92fe150c

Elmaoğlu, E., & Güleç, H. Y. (2025). Hemşirelik Öğrencilerinin Yapay Zekâya Yönelik Tutumları ile Tıbbi Yapay Zekâya Hazır Bulunuşlukları Arasındaki İlişkisinin İncelenmesi; Bir Üniversite Örneği. *Bingöl Üniversitesi Sağlık Dergisi*, *6*(1), 127-133. https://doi.org/10.58605/bingolsaglik.1600963

Fahim, Y. A., Hasani, I. W., Kabba, S., & Ragab, W. M. (2025). Artificial intelligence in healthcare and medicine: Clinical applications, therapeutic advances, and future perspectives. *European Journal of Medical Research*, *30*(1), 848. https://doi.org/10.1186/s40001-025-03196-w

Gencer, K., & Gencer, G. (2024). TIP FAKÜLTESİ ÖĞRENCİLERİNİN TIBBİ YAPAY ZEKA HAZIR BULUNUŞLULUĞUNUN İNCELENMESİ. *Kocatepe Tıp Dergisi*, *25*(2), 143-149. https://doi.org/10.18229/kocatepetip.1295779

Gül, H. (2017). Dijitalleşmenin Kamu Yönetimi ve Politikaları ile Bu Alanlardaki Araştırmalara Etkileri. *Yasama Dergisi*, *36*, 5-26.

Güven, A. (2024b). YAPAY ZEKA UYGULAMALARININ KAMU YÖNETİMİNDEKİ ROLÜ VE ÖNEMİ. *Enderun*, *8*(2), Article 2. https://doi.org/10.59274/enderun.1524152

J. McCarthy, ML Minsky, N. Rochester, & CE Shannon. (1955). *A PROPOSAL FOR THE DARTMOUTH SUMMER RESEARCH PROJECT ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE*. https://www-formal.stanford.edu/jmc/history/dartmouth/dartmouth.html

Karaca, O., Çalışkan, S. A., & Demir, K. (2021). Medical artificial intelligence readiness scale for medical students (MAIRS-MS) – development, validity and reliability study. *BMC Medical Education*, *21*(1), 112. https://doi.org/10.1186/s12909-021-02546-6

Katz, Y. (2017). *Manufacturing an Artificial Intelligence Revolution* (SSRN Scholarly Paper No. 3078224). Social Science Research Network. https://doi.org/10.2139/ssrn.3078224

Kılıç. (2025, Ocak 4). *Yapay zeka ile erken tanı dönemi! Hastalıkları önceden tespit etmek mümkün mü?* Yeniçağ Gazetesi. https://www.yenicaggazetesi.com.tr/yapay-zeka-ile-erken-tani-donemi-hastaliklari-onceden-tespit-etmek-mumkun-mu-874783h.htm

Kurt, G., Aygül Akyüz, Memnun Seven, Dede, M., & Yenen, M. C. (2020). Robotic Gynecologic Surgery: What it Means for Women. *Konuralp Medical Journal*, *12*(3), Article 3. https://doi.org/10.18521/ktd.657902

McCarthy, J. (2007). From here to human-level AI. *Artificial Intelligence*, *171*(18), 1174-1182. https://doi.org/10.1016/j.artint.2007.10.009

Nacaroğlu, D., & Savcı, S. (2023). Yapay Zekânın Medyada Sunumu ve Yükselişi: Olanaklar, Sınırlar ve Tehlikeler. *Yeni Medya*, *15*, Article 15. https://doi.org/10.55609/yenimedya.1365439

Norvig, P., & Russell, S. J. (1995). *Artificial Intelligence: A Modern Approach, 4th US ed.* https://aima.cs.berkeley.edu/

Russell, S. J., & Norvig, P. (2021). Artificial Intelligence A Modern Approach (4th ed.). Pearson. (t.y.). Geliş tarihi 27 Kasım 2025, gönderen https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3352205

Schultz, D. P., & Schultz, S. E. (2020). *Modern Psikoloji Tarihi* (Y. Aslay, Çev.). Kaknüs Yayınları- Ders Kitapları.

Sekaran, U. (1992). Research Methods for Business A Skill-Building Approach. John Wiley & Sons. - References—Scientific Research Publishing. (1992). https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3216806

Stanford University. (t.y.). *Ek I: Yapay Zekanın Kısa Tarihi | Yapay Zeka Üzerine Yüz Yıllık Çalışma (AI100)*. Geliş tarihi 10 Mayıs 2025, gönderen https://ai100.stanford.edu/2016-report/appendix-i-short-history-ai

Tarcan, G. Y., Balçık, P. Y., & Sebik, N. B. (2024). Türkiye ve Dünyada Sağlık Hizmetlerinde Yapay Zekâ. *Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Lokman Hekim Tıp Tarihi ve Folklorik Tıp Dergisi*, *14*(1), Article 1. https://doi.org/10.31020/mutftd.1278529

T.C. Sağlık Bakanlığı. (2024, Mayıs 15). *Sağlık Bakanlığı, yapay zeka üzerine 9 proje yürütüyor*. https://www.trthaber.com/haber/saglik/saglik-bakanligi-yapay-zeka-uzerine-9-proje-yurutuyor-857728.html

Topol, E. J. (2019). High-performance medicine: The convergence of human and artificial intelligence. *Nature Medicine*, *25*(1), 44-56. https://doi.org/10.1038/s41591-018-0300-7

TRT Haber. (2024, Kasım 4). *Yapay zeka ile kanser hücreleri saniyeler içinde tespit edilebiliyor*. https://www.trthaber.com/haber/bilim-teknoloji/yapay-zeka-ile-kanser-hucreleri-saniyeler-icinde-tespit-edilebiliyor-886296.html

Turing, A. M. (1950). I.—COMPUTING MACHINERY AND INTELLIGENCE. *Mind*, *LIX*(236), 433-460. https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433

Yıldız, A. (2024, Aralık 22). *Nörolojik hastalıkların tanı ve tedavisinde yapay zeka etkin rol üstlenecek*. https://www.aa.com.tr/tr/saglik/norolojik-hastaliklarin-tani-ve-tedavisinde-yapay-zeka-etkin-rol-ustlenecek-/3431410

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

A NEW METHOD CODING THEORY BY THIRD ORDER JACOBSTHAL SEQUENCE

Assoc. Dr. Şükran UYGUN
Gaziantep University
suygun@gantep.edu.tr – 0000-0002-7878-2175

ABSTRACT

The goal of the paper is to express a new coding/decoding method by the third order Jacobsthal matrices. We divide the message matrix into the block matrices of 3 × 3. We use a new numbered alphabet for each message, hence we have a more secure coding/decoding method. We determine the numbered alphabet with respsect to the number of block matrices of the message matrix. Our method will give more information security and high correct ability for data transmission. The blocked message matrices are based on this method. In this method, it is used that the encryption of each message matrix use a different key. Therefore, the method is more secure.

Keywords: Encoding-Decoding algorithms, Fibonacci sequence, Lucas sequence, Pell sequence, Jacobsthal sequence.

AMS subject classification (2010): 68P30, 11B39, 11B37, 14G50, 11T71

1. INTRODUCTION

The concept of sharing the messages via a secret medium is an essential one even for common people. This may be seen in our society merely from the evolution of message sharing. The major drawback in the concept of sharing a message is the medium through which we share. So maintaing a strong secret medium is an unavoidable one for not only an individual but also a country. Likewise, here is an attempt to encrypt and decrypt messages using the third order Jacobsthal matrices
In [1], it is used that the generalized relations among the code matrix elements for all values of p for Fibonacci coding theory. A new coding theory based on Tribonacci numbers was introduced in [2]. Basu and Das stated new coding theories based on Fibonacci n-step polynomials in [3]. In [4], a Fibonacci coding method using Fibonacci polynomials is presented. Prasad [6] developed a new coding procedure based on the a Lucas matrix in [6]. In [7], Shtayat and Al-Kateeb mentioned a matrix with the Perrin numbers for a coding method. Fibonacci coding and cryptography were studied in detail by the authors in [8,9]. In [10, 12, 13], the authors investigated new coding/decoding methods using Fibonacci and Lucas numbers, and their polynomials. In [11], the authors showed that a new cryptosystem, which is a modification of the Golden Cryptosystem, is secure against the attack on the chosen plaintext. The goal of the paper is to express a new coding/decoding method by the third order Jacobsthal and Jacobsthal-Lucas matrices. We divide the message matrix into the block matrices of 3×3 We use a new numbered alphabet for each message, hence we have a more secure coding/decoding method. We determine the numbered alphabet with respsect to the number of block

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

matrices of the message matrix. Our method will give more information security and high correct ability for data transmission.

2. PRELIMINARIES

Definition 2.1 The third order Jacobsthal number sequence is defined $\{j_n\}_{n\in\mathbb{N}}$ with starting points $\boldsymbol{j_0 = 0,\ j_1 = 1,}$ and $\boldsymbol{j_2 = 1}$ by $\boldsymbol{j_{n+2} = j_{n+1} + j_n + 2j_{n-1}}$. Similarly, third order Jacobsthal-Lucas fcngn2N number sequence is defined by $c_{n+2} = c_{n+1} + c_n + 2c_{n-1}$ with $c_0 = 2,\ c_1 = 1,$ and $c_2 = 5$ where *n* is any integer.

Definition 2.2 [5] For $\boldsymbol{n} \in \mathbb{N}$ the third order Jacobsthal matrix sequence $\{\boldsymbol{J_n}\}_{\boldsymbol{n}\in\mathbb{N}}$ is denoted as

$$J_{n+2} = J_{n+1} + J_n + 2J_{n-1}$$

with the following initial conditions

$$\boldsymbol{J}_0 = \begin{bmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & 1 & 0\\ 0 & 0 & 1\end{bmatrix}, \qquad \boldsymbol{J}_1 = \begin{bmatrix}1 & 1 & 2\\ 1 & 0 & 0\\ 0 & 1 & 0\end{bmatrix}, \text{ and } \boldsymbol{J}_2 = \begin{bmatrix}1 & 3 & 2\\ 1 & 1 & 2\\ 1 & 0 & 0\end{bmatrix}.$$

Definition 2.3 [5] For $n \in \mathbb{N}$ the third order Jacobsthal matrix sequence $\{\boldsymbol{C_n}\}_{\boldsymbol{n}\in\mathbb{N}}$ is denoted as

$$C_{n+2} = C_{n+1} + C_n + 2C_{n-1}$$

with the following starting conditions

$$\boldsymbol{C}_0 = \begin{bmatrix}1 & 4 & 4\\ 2 & -1 & 2\\ 1 & 1 & -2\end{bmatrix}, \qquad C_1 = \begin{bmatrix}5 & 5 & 2\\ 1 & 4 & 4\\ 2 & -1 & 2\end{bmatrix}, \text{ and } \boldsymbol{C}_2 = \begin{bmatrix}10 & 7 & 10\\ 5 & 5 & 2\\ 1 & 4 & 4\end{bmatrix}.$$

Theorem 2.4 Assume that n be any positive integer; the *n*th elements of the third order Jacobsthal and Jacobsthal-Lucas matrix sequences are demonstrated by

$$J_n = \begin{bmatrix}j_{n+1} & j_n + 2j_{n-1} & 2j_n\\ j_n & j_{n-1} + 2j_{n-2} & 2j_{n-1}\\ j_{n-1} & j_{n-2} + 2j_{n-3} & 2j_{n-2}\end{bmatrix}$$

and

$$C_n = \begin{bmatrix}c_{n+1} & c_n + 2c_{n-1} & 2c_n\\ c_n & c_{n-1} + 2c_{n-2} & 2c_{n-1}\\ c_{n-1} & c_{n-2} + 2c_{n-3} & 2c_{n-2}\end{bmatrix}.$$

Theorem 2.5 Let *m, n* be positive integers; the following identities are verified for the third order Jacobsthal and Jacobsthal-Lucas matrix sequences

1. $J_n = J_1^n$
2. $J_{m+n} = J_m J_n$
3. $C_{n+1} = C_1 J_n = C_n J_1$
4. $\det(J_n) = (-2)^n$
5. $\det(C_n) = 72(-2)^{n-1}$

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Proof. For the first proof, we use induction method. For $n = 0$, the assertion is verified. Assume that it is satisfied by $k \leq n$. Then for the value of $k = n+1$, it is proved that the validity of the assertion as

$$J_1^{n+1} = J_1^n J_1 = \begin{bmatrix} j_{n+1} & j_n + 2j_{n-1} & 2j_n \\ j_n & j_{n-1} + 2j_{n-2} & 2j_{n-1} \\ j_{n-1} & j_{n-2} + 2j_{n-3} & 2j_{n-2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} = J_{n+1}$$

The second proof can also be obtained by induction method.

3. A NEW METHOD CODING THEORY BY THIRD ORDER JACOBSTHAL SEQUENCE

In this section, it is mentioned that a new coding/decoding algorithm by the third order Jacobsthal matrix sequence. We settle the message in a given third order matrix. Dividing the $3m \times 3m$ message matrix M into 3×3 block matrices from left to right, M_i for $i = 1,2, \dots, m^2$, the new coding method is obtained.

The symbol matrices M_i, , E_i and $J_n$are demonstrated as:

$$M_i = \begin{bmatrix} b_1^i & b_2^i & b_3^i \\ b_4^i & b_5^i & b_6^i \\ b_7^i & b_8^i & b_9^i \end{bmatrix}, \; E_i = \begin{bmatrix} e_1^i & e_2^i & e_3^i \\ e_4^i & e_5^i & e_6^i \\ e_7^i & e_8^i & e_9^i \end{bmatrix}, \; J_n = \begin{bmatrix} j_{11} & j_{12} & j_{13} \\ j_{21} & j_{22} & j_{23} \\ j_{31} & j_{32} & j_{33} \end{bmatrix}$$

Let's now explain new coding and decoding algorithms in the following:

Coding Algorithm

1. Divide the matrix M into blocks M_i for $i = 1,2, \dots, m^2$. We can select the number n as follows:

$$n = \begin{cases} 3, & m = 1 \\ 3m - 2, & \text{otherwise} \end{cases}$$

2. By m, we give the characters table according to mod30 (this table for the message can be exlarged according to the letters, numbers and so.). We begin "n" to the letter table.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
n	n+1	n+2	n+3	n+4	n+5	n+6	n+7	n+8	2n+9
K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
n+10	n+11	n+12	n+13	n+14	n+15	n+16	n+17	n+18	n+19
U	V	W	X	Y	Z	θ	+	-	.
n+20	n+21	n+22	n+23	n+24	n+25	n+26	n+27	n+28	n+29

3. Determine $b_j^i, \; 1 \leq i, j \leq 9$

4. Compute det $(M_i) \rightarrow d_i$.

5. Construct $F = [b_j^i, d_i]_{j \in \{1,2,3,4,6,7,8,9\}}$.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Decoding Algorithm

1. We know that $\det(J_n M_i) = (-2)^n d_i$.

2. Determine E_i, $1 \le i \le 9$.

3. Evaluate

$j_{11}b_1^i + j_{12}b_4^i + j_{13}b_7^i \to e_1^i$,
$j_{11}b_2^i + j_{12}b_5^i + j_{13}b_8^i \to e_2^i$,
$j_{11}b_3^i + j_{12}b_6^i + j_{13}b_9^i \to e_3^i$,
$j_{21}b_1^i + j_{22}b_4^i + j_{23}b_7^i \to e_4^i$,
$j_{21}b_2^i + j_{22}b_5^i + j_{23}b_8^i \to e_5^i$,
$j_{21}b_3^i + j_{22}b_6^i + j_{23}b_9^i \to e_6^i$,
$j_{31}b_1^i + j_{32}b_4^i + j_{33}b_7^i \to e_7^i$,
$j_{31}b_2^i + j_{32}b_5^i + j_{33}b_8^i \to e_8^i$,
$j_{31}b_3^i + j_{32}b_6^i + j_{33}b_9^i \to e_9^i$.

Step 4. Evaluate

$$(-2)^n d_i = -\left(j_{11}b_1^i + j_{12}x_i + j_{13}b_7^i\right)\begin{vmatrix} e_4^i & e_6^i \\ e_7^i & e_9^i \end{vmatrix} + \left(j_{21}b_2^i + j_{22}x_i + j_{23}b_8^i\right)\begin{vmatrix} e_1^i & e_3^i \\ e_7^i & e_9^i \end{vmatrix} -$$
$$\left(j_{31}b_2^i + j_{32}x_i + j_{33}b_8^i\right)\begin{vmatrix} e_1^i & e_3^i \\ e_4^i & e_6^i \end{vmatrix}, \quad 1 \le i \le 9$$

Step 5. Substitute for $x_i = b_5^i$.

Step 6. Construct M_i and M.

We can denote an application for the algorithm mentioned above by the following example.

Example 6 We give the message text as

"THIRD ORDER JACOBSTHAL SEQUENCES"

Hence, we construct the message matrix *M* as follows

$$\mathrm{M}=\begin{bmatrix} T & H & I & R & D & 0 \\ O & R & D & E & R & 0 \\ J & A & C & O & B & S \\ T & H & A & L & 0 & S \\ E & Q & U & E & N & C \\ E & S & . & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

1. It is divided the message matrix *M* of size 3×3 into the matrices called M_i $(1 \le i \le 4)$ as the following

$$M_1 = \begin{bmatrix} T & H & I \\ O & R & D \\ J & A & C \end{bmatrix}, \qquad M_2 = \begin{bmatrix} R & D & 0 \\ E & R & 0 \\ O & B & S \end{bmatrix}$$

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

$$M_3 = \begin{bmatrix} T & H & A \\ E & Q & U \\ E & S & . \end{bmatrix}, \qquad M_4 = \begin{bmatrix} L & O & S \\ E & N & C \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix},$$

2. *n = 4 > 2*. For *n = 4*, by the "character table", we find the entries of the block matrices M_i $1 \leq i \leq 4$. We compute the determinants d_i of the blocks M_i:

$$M_1 = \begin{bmatrix} 23 & 11 & 12 \\ 18 & 20 & 7 \\ 13 & 4 & 6 \end{bmatrix} \text{ then } \quad d_1 = \det(M_1) = -327.$$

$$M_2 = \begin{bmatrix} 20 & 7 & 3 \\ 8 & 20 & 3 \\ 18 & 5 & 22 \end{bmatrix} \text{ then } \quad d_2 = \det(M_2) = 6686.$$

$$M_3 = \begin{bmatrix} 23 & 11 & 4 \\ 8 & 21 & 24 \\ 8 & 22 & 1 \end{bmatrix} \text{ then } \quad d_3 = \det(M_3) = -9605.$$

$$M_4 = \begin{bmatrix} 15 & 3 & 22 \\ 8 & 17 & 6 \\ 3 & 3 & 3 \end{bmatrix} \text{ then } \quad d_4 = \det(M_4) = -117.$$

3. We construct the *F* matrix as:

$$F = \begin{bmatrix} -327 & 23 & 11 & 12 & 18 & 7 & 13 & 4 & 6 \\ 6686 & 20 & 7 & 3 & 8 & 3 & 18 & 5 & 22 \\ -9605 & 23 & 11 & 4 & 8 & 24 & 8 & 22 & 1 \\ -117 & 15 & 3 & 22 & 8 & 6 & 3 & 3 & 3 \end{bmatrix}$$

Decoding Algorithm

1. We choose *n = 4* and determine by the elements of matrix J_4

$$j_{11} = 9, j_{12} = 9, \ j_{13} = 10,$$
$$j_{21} = 5, \ j_{22} = 4, \ j_{23} = 4,$$
$$j_{31} = 2, \ j_{32} = 3, \ j_{33} = 2.$$

2. We evaluate e_j^i to find the matrices E_i:

$$e_1^1 = 499, \ e_2^1 = 319, \ e_3^1 = 231, \ e_4^1 = 239, \ e_5^1 = 151$$
$$e_6^1 = 112, \ e_7^1 = 126, \ e_8^1 = 90, \ e_9^1 = 57.$$

$$e_1^2 = 432, \ e_2^2 = 293, \ e_3^2 = 274, \ e_4^2 = 204, \ e_5^2 = 135$$
$$e_6^2 = 115, \ e_7^2 = 100, \ e_8^2 = 84, \ e_9^2 = 59.$$

$$e_1^3 = 359, \ e_2^3 = 508, \ e_3^3 = 262, \ e_4^3 = 179, \ e_5^3 = 227$$
$$e_6^3 = 120, \ e_7^3 = 86, \ e_8^3 = 129, \ e_9^3 = 82.$$

$$e_1^4 = 237, \ e_2^4 = 210, \ e_3^4 = 282, \ e_4^4 = 119, \ e_5^4 = 95$$
$$e_6^4 = 146, \ e_7^4 = 60, \ e_8^4 = 63, \ e_9^4 = 68.$$

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

3. We calculate the elements x_i:

$$(-2)^4(-327) = -(9b_2^1 + 9x_1 + 10b_8^1)\begin{vmatrix} e_4^1 & e_6^1 \\ e_7^1 & e_9^1 \end{vmatrix} + (5b_2^1 + 4x_1 + 4b_8^1)\begin{vmatrix} e_1^1 & e_3^1 \\ e_7^1 & e_9^1 \end{vmatrix} - (2b_2^1 + 3x_1 + 2b_8^1)\begin{vmatrix} e_1^1 & e_3^1 \\ e_4^1 & e_6^1 \end{vmatrix}$$

$$-5232 = -(139 + 9x_1)(-489) + (71 + 4x_1)(-663) - (30 + 3x_1)679$$

$$x_1 = 20$$

$$(-2)^4(6686) = -(9b_2^2 + 9x_2 + 10b_8^2)\begin{vmatrix} e_4^2 & e_6^2 \\ e_7^2 & e_9^2 \end{vmatrix} + (5b_2^2 + 4x_2 + 4b_8^2)\begin{vmatrix} e_1^2 & e_3^2 \\ e_7^2 & e_9^2 \end{vmatrix} - (2b_2^2 + 3x_2 + 2b_8^2)\begin{vmatrix} e_1^2 & e_3^2 \\ e_4^2 & e_6^2 \end{vmatrix}$$

$$106976 = -(113 + 9x_2)536 + (55 + 4x_2)(-1912) - (24 + 3x_2)(-6216)$$
$$x_2 = 20$$

$$(-2)^4(-9605) = -(9b_2^3 + 9x_3 + 10b_8^2)\begin{vmatrix} e_4^3 & e_6^3 \\ e_7^3 & e_9^3 \end{vmatrix} + (5b_2^3 + 4x_3 + 4b_8^3)\begin{vmatrix} e_1^3 & e_3^3 \\ e_7^3 & e_9^3 \end{vmatrix} - (2b_2^3 + 3x_3 + 2b_8^3)\begin{vmatrix} e_1^3 & e_3^3 \\ e_4^3 & e_6^3 \end{vmatrix}$$

$$-153680 = -(319 + 9x_3)4358 + (187 + 4x_3)(6906) - (66 + 3x_3)(-3818)$$
$$-153680 + 144x_3 = -150656$$
$$x_3 = 21$$

$$(-2)^4(-117) = -(9b_2^4 + 9x_4 + 10b_8^4)\begin{vmatrix} e_4^4 & e_6^4 \\ e_7^4 & e_9^4 \end{vmatrix} + (5b_2^4 + 4x_4 + 4b_8^4)\begin{vmatrix} e_1^4 & e_3^4 \\ e_7^4 & e_9^4 \end{vmatrix} - (2b_2^4 + 3x_4 + 2b_8^4)\begin{vmatrix} e_1^4 & e_3^4 \\ e_4^4 & e_6^4 \end{vmatrix}$$

$$-1872 = -(57 + 9x_4)(-668) + (27 + 4x_4)(-804) - (12 + 3x_4)(1044)$$
$$x_4 = 17$$

We determine x_i as

$$x_1 = b_5^1 = 20,\ x_2 = b_5^2 = 20,\ x_3 = b_5^3 = 21,\ x_4 = b_5^4 = 17.$$

5 We construct the block matrices M_i and M:

$$M_1 = \begin{bmatrix} 23 & 11 & 12 \\ 18 & 20 & 7 \\ 13 & 4 & 6 \end{bmatrix}, \qquad M_2 = \begin{bmatrix} 20 & 7 & 3 \\ 8 & 20 & 3 \\ 18 & 5 & 22 \end{bmatrix},$$

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

$$M_3 = \begin{bmatrix} 23 & 11 & 4 \\ 8 & 21 & 24 \\ 8 & 22 & 1 \end{bmatrix}, \qquad M_4 = \begin{bmatrix} 15 & 3 & 22 \\ 8 & 17 & 6 \\ 3 & 3 & 3 \end{bmatrix},$$

and

$$\mathrm{M}=\begin{bmatrix} T & H & I & R & D & 0 \\ O & R & D & E & R & 0 \\ J & A & C & O & B & S \\ T & H & A & L & 0 & S \\ E & Q & U & E & N & C \\ E & S & . & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

References

[1] Basu, M. and Prasad, B. (2009). The generalized relations among the code elements for Fibonacci coding theory. Chaos Solitons and Fractals, 41(5). 2517-2525.DOI 10.1016/j.chaos.2008.09.030.
[2] Basu, M. and Das, M. (2014). Tribonacci matrices and a new coding theory. Discrete Mathematics Algorithms and Applications, 6(1). 1450008. DOI 10.1142/S1793830914500086.
[3] Basu, M. and Das, M. (2014). Coding theory on Fibonacci n-step numbers. Discrete Mathematics Algorithms and Applications, 6(2). 1450017. DOI 10.1142/S1793830914500177.
[4] Esmaeili, M. and Esmaeili, M. (2010). Fibonacci-polynomial based coding method with error detection and correction, Comput. Math. Appl. 60(10). 2738-2752.
[5] Morales, G. C. (2019). On the Third-Order Jacobsthal and Third-Order Jacobsthal-Lucas Sequences and Their Matrix Representations, Mediterr. J. Math., 16-32. https://doi.org/10.1007/s00009-019-1319-9.
[6] Prasad, B. (2016). Coding theory on Lucas p-numbers, Discrete Math. Algorithms Appl., 8(4). 17 pages.
[7] Shtayat, J. and Al-Kateeb, A. (2022). The Perrin R-matrix and more properties with an application, Journal of Discrete Mathematical Sciences and Cryptography, 25(1). 41-52. https://doi.org/10.1080/09720529.2020.1866299.
[8] Stakhov, A. P. (2006). Fibonacci matrices, a generalization of the Cassini formula and a new coding theory, Chaos Solitons Fractals, 30(1). 56-66.
[9] Stakhov, A., Massingue, V. and Sluchenkov, A., Introduction into Fibonacci coding and cryptography. Osnova, Kharkov, 1999.
[10] Tas, N., Ucar, S., Ozgur, N. Y., Kaymak, O. O. (2018). A new coding/decoding algorithm using Finonacci numbers, Discrete Mathematics, Algorithms and Applications, 2. 1850028.
[11] Tahghighi, M. and Jafaar, A. R. Mahmod, Generalization of Golden Cryptography based on k-Fibonacci Numbers in (ICINC) at 2010.
[12] Uçar, S., Ozgur, N. Y. (2019). Right circulant matrices with generalized Fibonacci and Lucas polynomials and coding theory, J. BAUN Inst. Sci. Technol. 21(1). 306-322.
[13] Uçar, S., Taş N., Özgür N. Y. (2019). A New Application to Coding Theory via Fibonacci and Lucas Numbers, Mathematical Sciences and Applications e-Notes,7(1). 62-70.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

A NEW APPLICATION TO CODING THEORY VIA SPECIAL INTEGER SEQUENCES

Assoc. Dr. Şükran UYGUN
Gaziantep University
suygun@gantep.edu.tr – 0000-0002-7878-2175

ABSTRACT

To provide individual information security of data transfer through communication channel is very vital, so there are many encoding methods. Especially, encoding/decoding algorithms have been of crucial role in assuring information security. Particularly, the coding theory using special integer sequences encounter so many times in this field. We considered a class of square different special integer sequence matrices of order 2, where the entries are the elements of special integer sequences. In this paper, we propose a new of coding/decoding algorithm based on blocked message. One of the advantage of this method is that the encryption of each message matrix will use a different key and that will increase the security of the method.

Keywords: Encoding-Decoding algorithms, Fibonacci sequence, Lucas sequence, Pell sequence, Jacobsthal sequence.

AMS subject classification (2010): 68P30, 11B39, 11B37, 14G50, 11T71

1. INTRODUCTION AND PRELIMINARIES

For a successful cryptosystem, it is prefable to make the key secret rather than the algorithm. Symmetric approach where encryption key can be calculated from the decryption key and vice versa and in most of the symmetric algorithms the encrypting and decrypting key is the same. On the other hand, in an asymmetric algorithm, the decryption key cannot be calculated from the encryption key. Therefore, instead of increasing the key size we can fix the key size and vary it. The literature indicates that the cost of very long key length for strong encryption is not an issue related to efficiency. Therefore, to provide adequate protection against the most serious threats keys used to protect data today should be at least 75 bits long.

The coding theory using special integer sequences encounter so many times in this field [1-17]. This study delineates about the using different matrices consisting various sequences in coding and decoding theory. In this paper, we will present a scheme based on matrix approach to enable effcient and secure communication. The method ensures infinite variants of possible transformation of the initial message matrix M as every coding matrix and its inverse matrix. Also, in this study, the performance of this method will be interpreted.

It will used the notation f_n for the nth Fibonacci number and l_n for the n^{th} Lucas number, respectively. Both sequences are defined, for $n \in \mathbb{Z}$, through the same recurrence relation with initial values and $f_0 = 1$, $f_1 = 1$, and $l_0 = 2$; $l_1 = 1$, respectively. It will used the notation j_n for the nth Jacobsthal number. The sequence is defined, for $n \in \mathbb{Z}$, through the recurrence

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

relation $j_n = j_{n-1} + 2\,j_{n-2}$ with initial values $j_0 = 2$, $j_1 = 1$. Similarly, p_n will used the notation Pell for the *n*th Pell number. The sequence is defined for $n \in \mathbb{Z}$, through the recurrence relation $p_{n+1} = 2p_n + p_{n-1},\ n \geq 1$ with the initial values $p_0 = 0$ ve $p_1 = 1$ [18-21].

Let *n* be any positive integer. If $F = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$, then we will see $F^n = \begin{bmatrix} f_{n+1} & f_n \\ f_n & f_{n-1} \end{bmatrix}$ where f_n is the *n*th Fibonacci number. If $J = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$, then we will get $J^n = \begin{bmatrix} j_{n+1} & 2j_n \\ j_n & 2j_{n-1} \end{bmatrix}$ where j_n is the *n*th Jacobsthal number. If $S = \begin{bmatrix} 1/2 & 5/2 \\ 1/2 & 1/2 \end{bmatrix}$ then $S^n = \begin{bmatrix} l_n/2 & 5f_n/2 \\ f_n/2 & l_n/2 \end{bmatrix}$ where l_n is the *n*th Lucas number. If $P = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix}$, then we will have $P^n = \begin{bmatrix} p_{n+1} & p_n \\ p_n & p_{n-1} \end{bmatrix}$ where p_n is the *n*th Pell number [18-19].

2. CODING/DECODING METHOD BY SOME SPECIAL INTEGER SEQUENCES

$F,\ J,\ S$ and P matrices allow us developing applications to the coding theory. Let us display the transferred message in the form of the square matrix M of order $2m \times 2m$. We put our message in an even size matrix by adding zero between the two words and empty elements at the end of the message matrix.

We divide the $2m \times 2m$ message matrix M into 2×2 block matrices from left to right, M_i for $i = 1,2, \ldots, m^2$. We take the $F,\ J,\ S$ and P matrices of order 2 as a coding matrix and their inverse matrix as decoding matrices. So, we construct a new coding algorithm using Fibonacci, Lucas, Pell, and Jacobsthal numbers. We define E as code matrix. The code matrix is defined by the following formulas $E_i = M_i \times F$ or $E_i = M_i \times J,\ E_i = M_i \times P,\ E_i = M_i \times S$. We can write the initial message M_i as the following $M_i = E_i \times F^{-1}$ and similarly.

If we demonstrate the symbols of the coding method, that matrices $E_i,\ M_i$ and $F,\ J,\ S$ and P are of the following forms:

$$M_i = \begin{bmatrix} b_1^i & b_2^i \\ b_3^i & b_4^i \end{bmatrix},\ E_i = \begin{bmatrix} e_1^i & e_2^i \\ e_3^i & e_4^i \end{bmatrix},\quad F = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix},$$

$$J = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 1 & 0 \end{bmatrix},\quad \mathrm{P} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix},\ S = \begin{bmatrix} 1/2 & 5/2 \\ 1/2 & 1/2 \end{bmatrix}.$$

The number of the block matrices $M_i$is denoted by *m*. According to *m*, we choose the number *n* as follows:

$$n = \begin{cases} \left\lfloor \frac{m}{2} \right\rfloor, & m \geq 3 \\ 2m - 2, & m < 3 \end{cases}$$

Using the choosen n, we write the following letter table according to mod 40 (this table can be extended according to the used characters in the message matrix). We begin “2n” for the first character.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
2n	2n+1	2n+2	2n+3	2n+4	2n+5	2n+6	2n+7	2n+8	2n+9
K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
2n+10	2n+11	2n+12	2n+13	2n+14	2n+15	2n+16	2n+17	2n+18	2n+19

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

U	V	W	X	Y	Z	θ	+	-	.
2n+20	2n+21	2n+22	2n+23	2n+24	2n+25	2n+26	2n+27	2n+28	2n+29
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2n+30	2n+31	2n+32	2n+33	2n+34	2n+35	2n+36	2n+37	2n+38	2n+39

Coding Algorithm
Step 1. Divide the matrix *M* into blocks M_i.
Step 2. Choose *n*.
Step 3. Determine $b_j^i,\ 1 \le i,j \le 4$
Step 4. Compute det $(M_i) \to d_i$.
Step 5. Construct $D = [b_j^i, d_i]_{j\in\{1,2,3\}}$.

Decoding Algorithm
Step 1. Compute $F^n,\ J^n,\ P^n,\ S^n$.
Step 2. Determine $E_i, 1 \le i \le 4$
Step 3. Evaluate $c_1b_1^i + c_3b_2^i \to e_1^i,\quad c_2b_1^i + c_4b_2^i \to e_1^i, 1 \le i \le m^2$
Step 4. Find
$4d_i = e_1^i(c_4x_i + c_2b_3^i) - e_2^i(c_3x_i + c_1b_3^i)$, if *i=1*
$d_i = e_1^i(c_4x_i + c_2b_3^i) - e_2^i(c_3x_i + c_1b_3^i)$, if *i=2, 3, 4*
Step 5. Substitute for $x_i = b_4^i$
Step 6. Construct M_i and M.

In the following examples we give an application of the above algorithm.
Example 1 Let's consider the message matrix for the following message text

MATH IS STRIKING

We get the following message matrix *M*:

$$M = \begin{bmatrix} M & A & T & H \\ \theta & I & S & \theta \\ S & T & R & I \\ K & I & N & G \end{bmatrix}$$

Step 1. We divide the message matrix *M* of size 2×2 into the matrices named M_i, $1 \le i \le 4$ from left to right:

$$M_1 = \begin{bmatrix} M & A \\ \theta & I \end{bmatrix}, \qquad M_2 = \begin{bmatrix} T & H \\ S & \theta \end{bmatrix}, \qquad M_3 = \begin{bmatrix} S & T \\ K & I \end{bmatrix}, \qquad M_4 = \begin{bmatrix} R & I \\ N & G \end{bmatrix}.$$

Step 2. *m = 2* so *n = 2m - 2 = 2*, we use the "character table" for the message matrix *M*:

M	A	T	H	S	K	R	N	G	I	θ
16	4	23	11	22	14	20	17	10	12	30

Step 3. The elements of the blocks M_i , $1 \le i \le 4$ as follows:

$$\begin{array}{cccc} b_1^1 = 16 & b_2^1 = 4 & b_3^1 = 30 & b_4^1 = 12 \\ b_1^2 = 23 & b_2^2 = 11 & b_3^2 = 22 & b_4^2 = 30 \\ b_1^3 = 22 & b_2^3 = 23 & b_3^3 = 14 & b_4^3 = 12 \\ b_1^4 = 20 & b_2^4 = 12 & b_3^4 = 17 & b_4^4 = 10 \end{array}$$

Step 4. We calculate the determinants d_i of the blocks M_i:

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

$$\begin{vmatrix}16 & 4\\ 30 & 12\end{vmatrix} = 72,\ \begin{vmatrix}23 & 11\\ 22 & 30\end{vmatrix} = 448,\ \begin{vmatrix}22 & 23\\ 14 & 12\end{vmatrix} = -58,\ \begin{vmatrix}20 & 12\\ 17 & 10\end{vmatrix} = -4.$$

d_1 =det $(M_1) = 72$; d_2=det $(M_2) =$ 448; d_3 =det $(M_3) =$ -58; d_4 =det $(M_4) =$ -4.

Step 5. Using Step 3 and Step 4, we construct the *D* matrix:

$$D = \begin{bmatrix} 72 & 16 & 4 & 30\\ 448 & 23 & 11 & 22\\ -58 & 22 & 23 & 14\\ -4 & 20 & 12 & 17\end{bmatrix}$$

Decoding Algorithm

Step 1. We choose *n = m = 2*. Therefore, we compute

$$J^2 = \begin{bmatrix} j_3 & 2j_2\\ j_2 & 2j_1\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}3 & 2\\ 1 & 2\end{bmatrix},\ S^2 = \begin{bmatrix} l_2/2 & 5f_2/2\\ f_2/2 & l_2/2\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}3/2 & 5/2\\ 1/2 & 3/2\end{bmatrix},$$

$$P^2 = \begin{bmatrix} p_1 & p_2\\ p_2 & p_3\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}1 & 2\\ 2 & 5\end{bmatrix},\quad F^2 = \begin{bmatrix} f_1 & f_2\\ f_2 & f_3\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}1 & 1\\ 1 & 2\end{bmatrix},$$

with the following determinants

$$|J^2| = 4,\qquad |S^2| = |P^2| = |F^2| = 1.$$

Step 2. Determine $E_1 = M_1 \times J^2,\ E_2 = M_2 \times S^2,\ E_3 = M_3 \times P^2,\ E_4 = M_4 \times F^2.$

Step 3. Evaluate

$e_1^1 = 52,\ e_2^1 = 40,\ e_1^2 = 40,\ e_2^2 = 74,\ e_1^3 = 68,\ e_2^3 = 159,\ e_1^4 = 32,\ e_2^4 = 44.$

Step 4. We calculate the elements x_i:

$$4d_i = e_1^i(c_4x_1 + c_2\, b_3^i) - e_2^i(c_3x_1 + c_1\, b_3^i)$$
$$288 = 64x_1 - 480$$
$$12 = x_1$$

$$d_i = e_1^i(c_4x_2 + c_2\, b_3^i) - e_2^i(c_3x_2 + c_1\, b_3^i)$$
$$448 = 23x_2 - 242$$
$$30 = x_2$$

$$d_i = e_1^i(c_4x_3 + c_2\, b_3^i) - e_2^i(c_3x_3 + c_1\, b_3^i)$$
$$-58 = 22x_3 - 322$$
$$12 = x_3$$

$$d_i = e_1^i(c_4x_4 + c_2\, b_3^i) - e_2^i(c_3x_4 + c_1\, b_3^i)$$
$$-4 = 20x_4 - 204$$
$$10 = x_4$$

Step 5. We determine x_i as b_i:

$x_1 = b_4^1 = 12,\ \ x_2 = b_4^2 = 30,\ \ x_3 = b_4^3 = 12,\ \ x_4 = b_4^4 = 10.$

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Step 6. We construct the block matrices M_i:

$$M_1 = \begin{bmatrix} 16 & 4 \\ 30 & 12 \end{bmatrix}, \quad M_2 = \begin{bmatrix} 23 & 11 \\ 22 & 30 \end{bmatrix}, \quad M_3 = \begin{bmatrix} 22 & 23 \\ 14 & 12 \end{bmatrix}, \quad M_4 = \begin{bmatrix} 20 & 12 \\ 17 & 10 \end{bmatrix}.$$

Step 7. We obtain the message matrix *M*:

$$M = \begin{bmatrix} 16 & 4 & 23 & 11 \\ 30 & 12 & 22 & 30 \\ 22 & 23 & 20 & 12 \\ 14 & 12 & 17 & 10 \end{bmatrix}$$

3. EVALUATION THE PERFORMANCE OF THE ALGORITHM

In this section, we shall consider the mathematical operations in the previous section. In this method, M is plain text which is also referred to as an unencrypted text in cryptography. In addition, by converting plain text to cipher text using various encryption algorithms, messages are encoded in a way that cannot be read. Here, E is cipher text. Then, this cipher text is converted to plain text by decryption algorithms. The encryption and decryption time of the whole algorithm can be calculated.

In this method, using symmetric encryption overcomes the slowness in the encryption method. It is realized that this method is sufficiently fast. The alphabet system in this study is used to make it ready for cryptographic applications. In addition, it is difficult to find combinations using brute force attack of plain text with algorithms created based on this coding structure. For this reason, one of the biggest advantages of the algorithm proposed

because this coding structure is used is that the infrastructure of this coding structure is suitable for security tests. On the other hand, the method that we have suggested allows us that it can be used for other special integer sequences. When evaluating the performance of this model, it can be said that the method is suitable for both encryption/decryption time and encoding for developing secure cryptographic applications.

Conclusion

The basic idea of the present article is to draw attention to a matrix consists of elements of different special integer sequences. In this algorithm, we divide the desired message into blocks and transform the message matrix into an encoded message matrix. In the decryption process, we converted the encrypted message matrix to the desired message matrix using matrices whose entries are elements of special integer sequences. The main advantage of this coding method is that it allows to correct considerably more information units that bits and their combinations. A matrix element that can be an integer of unlimited value is a minimal information unit for the coding method.

References

[1] Stakhov, A. P., (2006). Fibonacci matrices, a generalization of the Cassini formula and a new coding theory, Chaos Solitons Fractals 30(1), 56-66.

[2] Basu,M., Prasad, M. (2009), Coding Theory on the m-extension of the Fibonacci p-numbers, Chaos Solitons and Fractals, 42, 2522-2530.

[3] Basu, M. and Prasad, B.(2009), The generalized relations among the code elements for Fibonacci coding theory, Chaos Solitons Fractals, 41, 5, 2517-2525,

[4] Esmaeili, M., Esmaeili, M. (2009), Fibonacci-polynomial based coding method with error detection and correction, Comput. Math. Appl. 60(10), (2010), 2738-2752.
[5] Basu,M., Prasad, M. (2011), Coding Theory on the (m; t)-extension of the Fibonacci p-numbers, Discrete Mathematics Algorithms and Applications,3, 259-267.
[6] Basu, M., Das, M. (2014), Tribonacci matrices and a new coding theory. Discrete Mathematics Algorithms and Applications, 6(1), 1450008.
[7] Prasad, B. (2014), Coding theory on ((x); g(y))-extension of the Fibonacci p-numbers polynomials, Universal Journal of Computational Mathematics, 2, 1, 6-10.
[8] Prasad, B. (2016), Coding theory on Lucas p-numbers. Discrete Math. Algorithms Appl. 8 (4), 17 pages.
[9] Taş, N., Uçar, S., Özgür, N. Y., Kaymak, Ö. Ö. (2018), A new coding/decoding algorithm using Fibonacci numbers, Discrete Math. Algorithms Appl., 10(2), 1850028.
[10] Taş, N. Uçar, S., Ozgur, N. Y. (2020), Pell coding and Pell decoding methods with some applications, Contrib. Discrete Math. 15, 52-66.
[11] Asci, M., Aydınyuz, S. (2022), k -order Gaussian Fibonacci polynomials and applications to the coding/decoding theory, Journal of Discrete Mathematical Sciences and Cryptography, 25(5), 1399-1416.
[12] Asci, M., Aydinyuz S. (2022), k-Order Fibonacci Polynomials on AES-Like Cryptology, CMES-Computer Modeling in Engineering & Sciences, 131(1), 277-293.
[13] Kannan, J., Somanath, M., Mahalakshmi M., Raja, K. (2022), Encryption Decryption Algorithm Using Solutions of Pell Equation, International Journal of Mathematics and its Applications, 10(1) 1-8.
[14] Eser E., Kuloglu B.,Özkan E. (2024), An Encoding-Decoding Algorithm Based On Fermat And Mersenne Numbers, Applied Mathematics E-Notes, 24 274-282.
[15] Ozgur N. (2024), A new encoding/decoding algorithm via Fibonacci-Lucas tree diagrams, Discrete Mathematics, Algorithms and Applications 2450068 (16 pages).
[16] Irge V., Soykan Y. (2024), A new application to cryptology using generalized Jacobsthal matrices, inner product and self-adjoint operator, Discrete Mathematics, Algorithms and Applications 16(8) 2350113 (13 pages)
[17] Akinci, E., Uygun, S. (2025), A New Application to Coding Theory via generalized Jacobsthal and Jacobsthal-Lucas Numbers, Journal of Advanced Mathematics and Mathematics Education, 8(1), 1-11.
[18] Wani, A. A., Rathore, G.P.S., Badshah, V.H., Sisodiya K. (2018), A Two by Two Matrix Representation of a Generalized Fibonacci Sequence, Hacettepe Journal of Mathematics and Istatistics, 47(3), 637-648.
[19] Koshy, T., Fibonacci and Lucas Numbers with Applications, John Wiley and Sons Inc., New York, 2001.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

FIXED POINT PROPERTY ON CLOSED–BOUNDED–CONVEX SUBSETS OF THE KÖTHE–TOEPLITZ DUAL SPACE $U_1^{(m)}$

Doç. Dr. Veysel NEZİR

Kafkas Üniversitesi, veyselnezir@yahoo.com - 0000-0001-9640-8526

ABSTRACT

This paper investigates the fixed point property for nonexpansive mappings on the Köthe–Toeplitz dual space $U_1^{(m)}$, arising as the α-dual of a generalized difference sequence space of order $m \in \mathbb{N}$. Generalized difference sequence spaces were first introduced by Kızmaz in 1989 and later extended by Et and Esi in 2000 and Et and Işık in 2012. Their Köthe–Toeplitz duals were characterized by Bektaş, Et, and Çolak in 2004, who showed that these dual spaces are isometrically isomorphic to ℓ^1. Hence $U_1^{(m)}$ fails the fixed point property (FPP) for nonexpansive mappings when considered as a whole.

Despite this global failure, we prove that several large classes of closed, bounded, and convex subsets of $U_1^{(m)}$ do enjoy the FPP. Our method transports the Goebel–Kuczumow functional technique in 1979 and Everest's convex–geometric construction in 2013 through the natural isometry between $U_1^{(m)}$ and ℓ^1. Finitely many weighted perturbations of the canonical basis are used to generate convex subsets on which every nonexpansive self-mapping has a fixed point.

These results complement analogous findings for $D_1^{(m)}$, $S_1^{(m)}$, and $W_1^{(m)}$ of the studies by Nezir–Mustafa in 2022 and Güven in 2025, showing that suitable structural modifications within Köthe–Toeplitz duals restore fixed point behavior on carefully designed convex families.

Anahtar Kelimeler: Nonexpansive mapping, fixed point property, closed bounded convex set, difference sequences, Kothe-Toeplitz duals.

1. INTRODUCTION

Fixed point theory for nonexpansive mappings has long been a central topic in nonlinear

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

functional analysis. A Banach space X is said to have the fixed point property (FPP) for nonexpansive mappings if every nonexpansive mapping on every nonempty closed, bounded, and convex (cbc) subset of X has a fixed point. While uniformly convex spaces enjoy the FPP, many classical nonreflexive spaces—including ℓ^1—fail it; see Goebel and Kirk (1990) and Chen et al. (2001).

A major development in the study of the FPP in nonreflexive spaces was provided by Goebel and Kuczumow (1979), who introduced a functional associated with approximate fixed point sequences and proved an asymptotic representation formula now known as the Goebel–Kuczumow lemma. This lemma plays a fundamental role in constructing fixed point free nonexpansive mappings. Building on their ideas, Everest (2013) obtained refined geometric constructions in ℓ^1 and showed that, although ℓ^1 globally fails the FPP, many large cbc-subsets of ℓ^1 still possess the property.

In parallel with these geometric results, a substantial literature has developed around generalized difference sequence spaces. The concept was first introduced by Kızmaz (1989), and later extended through higher-order schemes by Et and Esi (2000) and Et and Işık (2012). The Köthe–Toeplitz duals of these spaces were fully characterized by Bektaş, Et, and Çolak (2004), who identified the dual sequence spaces

$$D_1^{(m)}, \quad U_1^{(m)}, \quad W_1^{(m)}, \quad S_1^{(m)}$$

and proved that each is isometrically isomorphic to ℓ^1. Consequently, these spaces fail the FPP when considered as whole Banach spaces.

However, recent works (Nezir–Mustafa, 2022; Güven, 2025) have shown that by applying finite perturbations to the canonical basis in these dual spaces, it is often possible to construct large classes of cbc-subsets that do satisfy the FPP. This approach parallels the geometric strategy used in ℓ^1 and illustrates how subtle modifications can restore fixed point behavior in otherwise unfavorable settings.

The purpose of this paper is to apply these ideas to the Köthe–Toeplitz dual space $U_1^{(m)}$. By transporting the Goebel–Kuczumow lemma through the natural isometry between $U_1^{(m)}$ and ℓ^1, and by employing finite weighted perturbations of the canonical basis, we construct broad families of closed, bounded, and convex subsets of $U_1^{(m)}$ on which every nonexpansive mapping has a fixed point.

The paper is organized as follows. Section 2 introduces the generalized difference sequence

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

spaces and the dual space $U_1^{(m)}$. Section 3 contains our main theorems establishing the fixed point property on various perturbed convex families. Section 4 provides corollaries and remarks, and Section 5 concludes with a summary and open questions.

2. PRELIMINARIES

In this section we collect the basic definitions and facts concerning generalized difference sequence spaces and their Köthe–Toeplitz duals. We then specialize to the dual space $U_1^{(m)}$, exhibit an explicit isometry with ℓ^1, and formulate the Goebel–Kuczumow lemma in a form adapted to $U_1^{(m)}$.

2.1. Generalized Difference Operators

Let $v = (v_k)$ be a sequence of nonzero real numbers. Following Kızmaz (1981), the first–order generalized difference operator $\Delta_v^{(1)}$ acts on a scalar sequence $x = (x_k)$ by

$$(\Delta^{(1)}vx)_k = v_k x_k - v_{k+1}x_{k+1}, \qquad k \in \mathbb{N}.$$

Higher–order operators are defined recursively by

$$\Delta_v^{(m)}x = \Delta_v^{(1)}(\Delta_v^{(m-1)}x), \qquad m \in \mathbb{N}.$$

For a classical sequence space $X \in \{c_0, c, \ell_\infty\}$ we consider the matrix domain

$$\Delta_v^{(m)}(X) := \{x \in \omega : \Delta_v^{(m)}x \in X\},$$

where ω denotes the space of all real sequences. Weighted and higher–order variants of these spaces were investigated systematically by Et and Esi (2000) and Et and Işık (2012).

2.2. The Köthe–Toeplitz Dual $U_1^{(m)}$

Let X be a Köthe sequence space and let X^α denote its Köthe–Toeplitz α–dual. In the setting of generalized difference sequence spaces, Bektaş, Et and Çolak (2004) determined explicitly the duals of $\Delta_v^{(m)}(X)$. For suitable choices of X and for parameters $m \in \mathbb{N}$ and $r \in \{1, \dots, m\}$, one of the resulting dual spaces is

$$U_1^{(m)} = \{a = (a_k) \in \omega : \| a \|_{(m)}^{\sim} := \sum_{k=1}^{\infty} \frac{k^{m-r}}{|v_k|} |a_k| < \infty\}.$$

Equipped with the norm $\|\cdot\|^{\sim}(m)$, the space $U1^{(m)}$ is a Banach space. In the sequel, $U_1^{(m)}$ will be the main ambient space for our fixed point considerations.

2.3. Isometry with ℓ^1

We now record an explicit linear isometry between $U_1^{(m)}$ and the classical sequence space ℓ^1.

Lemma 2.1 *Define the mapping* $J_U : U_1^{(m)} \to \ell^1$ *by*

$$J_U(a) = \left(\frac{k^{m-r}}{v_k} a_k\right)_{k\in\mathbb{N}}, \qquad a = (a_k) \in U_1^{(m)}.$$

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Then J_U is a linear isometric isomorphism between $U_1^{(m)}$ and ℓ^1.

Proof. We first check linearity. Let $a = (a_k)$ and $b = (b_k)$ be in $U_1^{(m)}$, and let $\lambda, \mu \in \mathbb{R}$. Then

$$J_U(\lambda a + \mu b) = \left(\frac{k^{\,m-r}}{v_k}(\lambda a_k + \mu b_k)\right)_{k\in\mathbb{N}} = \lambda\left(\frac{k^{\,m-r}}{v_k}a_k\right) + \mu\left(\frac{k^{\,m-r}}{v_k}b_k\right) = \lambda J_U(a) + \mu J_U(b),$$

so J_U is linear.

Next, we show that J_U is an isometry. Let $a = (a_k) \in U_1^{(m)}$. Then

$$\| J_U(a) \|_1 = \sum_{k=1}^{\infty} \left|\frac{k^{\,m-r}}{v_k}a_k\right| = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{k^{\,m-r}}{|v_k|}\,|a_k| = \| a \|_{(m)}^{\sim}.$$

Thus $\| J_U(a) \| 1 = \| a \|^{\sim} (m)$ for every $a \in U_1^{(m)}$, and J_U is an isometry.

It remains to show that J_U is onto. Let $y = (y_k) \in \ell^1$ be arbitrary. Define $a = (a_k)$ by

$$a_k := \frac{v_k}{k^{\,m-r}}\,y_k, \qquad k \in \mathbb{N}.$$

Then

$$\| a \|_{(m)}^{\sim} = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{k^{\,m-r}}{|v_k|}\,|a_k| = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{k^{\,m-r}}{|v_k|}\left|\frac{v_k}{k^{\,m-r}}y_k\right| = \sum_{k=1}^{\infty} |y_k| = \| y \|_1 < \infty,$$

so $a \in U_1^{(m)}$. Moreover,

$$J_U(a) = \left(\frac{k^{\,m-r}}{v_k}a_k\right) = \left(\frac{k^{\,m-r}}{v_k}\cdot\frac{v_k}{k^{\,m-r}}y_k\right) = (y_k) = y.$$

Hence J_U is surjective. Combining linearity, isometry and surjectivity, we see that J_U is a linear isometric isomorphism from $U_1^{(m)}$ onto ℓ^1.

2.4. Nonexpansive Mappings And Approximate Fixed Point Sequences

Let $(X, \|\cdot\|)$ be a Banach space and let $C \subset X$ be nonempty, closed, bounded and convex.

Definition 2.2 *A mapping $T: C \to C$ is called*

- *nonexpansive* if

$$\| T(x) - T(y) \| \leq \| x - y \| \qquad \text{for all } x, y \in C;$$

- an *approximate fixed point sequence* (AFPS) for T is a sequence $(u^{(n)}) \subset C$ such that

$$\lim_{n\to\infty} \| T(u^{(n)}) - u^{(n)} \| = 0.$$

In our setting, $X = U_1^{(m)}$ and the norm is $\|\cdot\|_{(m)}^{\sim}$. The existence of AFPS for nonexpansive mappings on closed, bounded, convex sets is standard; see, for instance, Goebel and Kirk

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

(1990).

2.5. The Goebel–Kuczumow Functional and Its $U_1^{(m)}$ Version

Let $(X, \|\cdot\|)$ be a Banach space, $C \subset X$ a nonempty closed, bounded and convex subset, and let $T: C \to C$ be nonexpansive. Given an AFPS $(u^{(n)}) \subset C$ for T, define the functional $r: C \to [0, \infty)$ by

$$r(x) := \limsup_{n\to\infty} \| u^{(n)} - x \|, \qquad x \in C.$$

The following fundamental lemma is due to Goebel and Kuczumow.

Lemma 2.3 (Goebel--Kuczumow~) *Let $C \subset X$ and $T: C \to C$ be as above, and let $(u^{(n)})$ be an AFPS for T. Define r as above. Then there exists $x_0 \in C$ such that*

$$r(x) = r(x_0) + \| x - x_0 \| \qquad \text{forall} x \in C.$$

In particular, $r(Tx) \leq r(x)$ for all $x \in C$.

We now adapt this lemma to the Banach space $U_1^{(m)}$, using the isometry J_U from Lemma 2.1.

Lemma 2.4 (Goebel--Kuczumow lemma in $U_1^{(m)}$) *Let $C \subset U_1^{(m)}$ be a nonempty closed, bounded and convex subset, and let $T: C \to C$ be nonexpansive with respect to the norm $\|\cdot\|_{(m)}^{\sim}$. Suppose $(u^{(n)}) \subset C$ is an approximate fixed point sequence for T, that is,*

$$\lim_{n\to\infty} \| T(u^{(n)}) - u^{(n)} \|_{(m)}^{\sim} = 0.$$

Define

$$Q_U(w) := \limsup_{n\to\infty} \| u^{(n)} - w \|_{(m)}^{\sim}, \qquad w \in C.$$

Then there exists $u \in C$ such that

$$Q_U(w) = Q_U(u) + \| w - u \|_{(m)}^{\sim} \text{ for all } w \in C.$$

In particular, $Q_U(Tw) \leq Q_U(w)$ for all $w \in C$.

Proof. Consider the image set

$$C' := J_U(C) \subset \ell^1.$$

Since J_U is an isometric isomorphism (Lemma 2.1) and C is closed, bounded and convex in $U_1^{(m)}$, it follows that C' is closed, bounded and convex in ℓ^1.

Define $S: C' \to C'$ by

$$S := J_U \circ T \circ J_U^{-1}.$$

Because J_U is an isometry,

$$\| S(y) - S(z) \|_1 = \| J_U(T(J_U^{-1}y)) - J_U(T(J_U^{-1}z)) \|_1 = \| T(J_U^{-1}y) - T(J_U^{-1}z) \|_{(m)}^{\sim}$$

for all $y, z \in C'$. Since T is nonexpansive on C, we obtain

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

$$\| S(y) - S(z) \|_1 \leq \| J_U^{-1} y - J_U^{-1} z \|_{(m)}^{\sim} = \| y - z \|_1,$$

so S is nonexpansive on C' with respect to the ℓ^1-norm.

Next, define $v^{(n)} := J_U(u^{(n)}) \in C'$ for each $n \in \mathbb{N}$. Then

$$\| S(v^{(n)}) - v^{(n)} \|_1 = \| J_U(T(u^{(n)})) - J_U(u^{(n)}) \|_1 = \| T(u^{(n)}) - u^{(n)} \|_{(m)}^{\sim} \xrightarrow[n\to\infty]{} 0,$$

so $(v^{(n)})$ is an approximate fixed point sequence for S on C'.

Define a functional $r: C' \to [0, \infty)$ by

$$r(y) := \limsup_{n\to\infty} \| v^{(n)} - y \|_1 , \qquad y \in C'.$$

By Lemma 2.3 (applied with $X = \ell^1$, C' and S), there exists $y_0 \in C'$ such that

$$r(y) = r(y_0) + \| y - y_0 \|_1 \qquad \text{for all } y \in C'. \tag{2.1}$$

Moreover, $r(Sy) \leq r(y)$ for all $y \in C'$.

Set $u := J_U^{-1}(y_0) \in C$. For any $w \in C$ we have $y := J_U(w) \in C'$, and then

$$\begin{aligned} Q_U(w) &= \limsup_{n\to\infty} \| u^{(n)} - w \|_{(m)}^{\sim} = \limsup_{n\to\infty} \| J_U(u^{(n)}) - J_U(w) \|_1 \\ &= \limsup_{n\to\infty} \| v^{(n)} - y \|_1 = r(y). \end{aligned}$$

Using (2.1) we obtain

$$\begin{aligned} Q_U(w) &= r(y) = r(y_0) + \| y - y_0 \|_1 \\ &= r(y_0) + \| J_U(w) - J_U(u) \|_1 = r(y_0) + \| w - u \|_{(m)}^{\sim}. \end{aligned}$$

On the other hand,

$$Q_U(u) = \limsup_{n\to\infty} \| u^{(n)} - u \|_{(m)}^{\sim} = \limsup_{n\to\infty} \| v^{(n)} - y_0 \|_1 = r(y_0).$$

Substituting this into the previous identity yields

$$Q_U(w) = Q_U(u) + \| w - u \|_{(m)}^{\sim} \qquad \text{for all } w \in C,$$

which is the desired decomposition.

Finally, for any $w \in C$ we have

$$Q_U(Tw) = \limsup_{n\to\infty} \| u^{(n)} - T(w) \|_{(m)}^{\sim} = \limsup_{n\to\infty} \| J_U(u^{(n)}) - J_U(T(w)) \|_1 = r(Sy),$$

where $y = J_U(w)$. Since $r(Sy) \leq r(y)$ by Lemma 2.3, we conclude that

$$Q_U(Tw) \leq Q_U(w) \text{ for all } w \in C,$$

and the proof is complete.

3. MAIN RESULTS

In this section we construct large families of closed, bounded and convex subsets of $U_1^{(m)}$ on which every nonexpansive mapping has a fixed point. The key tool is the Goebel–Kuczumow decomposition lemma transported to $U_1^{(m)}$ via the isometry J_U (Lemma 2.4), combined with a finite–dimensional mass–transfer argument. The final step in each theorem uses the classical

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Schauder Fixed Point Theorem (Schauder, 1930).

3.1. A Basic Class Generated by One Weighted Coordinate

Throughout this subsection we fix $m \in \mathbb{N}$, a sequence of nonzero real numbers $v = (v_k)$ and an integer $r \in \{1, \dots, m\}$, as in the definition of $U_1^{(m)}$. We recall that

$$U_1^{(m)} = \{a = (a_k) : \| a \|_{(m)}^{\sim} = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{k^{m-r}}{|v_k|} |a_k| < \infty\},$$

and we denote by $(\hat{e}_k)$ the canonical unit vectors in $U_1^{(m)}$.

Let $t \in (0,1)$ be fixed. We define a sequence $(g_n) \subset U_1^{(m)}$ by

$$g_1 := t \frac{v_1}{1^{m-r}} \hat{e}_1, \qquad g_n := \frac{v_n}{n^{m-r}} \hat{e}_n, \quad n \geq 2. \tag{3.1}$$

A direct computation using the norm in $U_1^{(m)}$ shows that

$$\| g_1 \|_{(m)}^{\sim} = t, \qquad \| g_n \|_{(m)}^{\sim} = 1 \quad (n \geq 2).$$

We then consider the closed convex hull

$$F_t^{(m)} = \left\{ \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n g_n : \alpha_n \geq 0, \qquad \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n = 1 \right\}. \tag{3.2}$$

Since each $g_n \in U_1^{(m)}$ and (α_n) is a probability vector, it follows that $F_t^{(m)}$ is a nonempty convex subset of $U_1^{(m)}$. The uniform bounds $\| g_1 \|^{\sim} (m) = t$ and $\| g_n \|^{\sim} (m) = 1$ for $n \geq 2$ imply that $F_t^{(m)}$ is bounded, and closedness follows from completeness of $U_1^{(m)}$ and the fact that we take all norm–convergent convex combinations of (g_n). Hence $F_t^{(m)}$ is a nonempty closed, bounded and convex subset (briefly, a cbc subset) of $U_1^{(m)}$.

Theorem 3.1 *Let $t \in (0,1)$ and let $F_t^{(m)}$ be defined as in (3.2). Then every nonexpansive mapping $T: F_t^{(m)} \to F_t^{(m)}$ has a fixed point.*

Proof. Let $T: F_t^{(m)} \to F_t^{(m)}$ be nonexpansive. By standard fixed point theory for nonexpansive mappings on cbc subsets of Banach spaces (see, for instance, Goebel and Kirk, 1990), there exists an approximate fixed point sequence (AFPS) $(u^{(n)}) \subset F_t^{(m)}$, i.e.

$$\lim_{n \to \infty} \| T(u^{(n)}) - u^{(n)} \|_{(m)}^{\sim} = 0.$$

We define the Goebel–Kuczumow functional

$$Q_U(w) := \limsup_{n \to \infty} \| u^{(n)} - w \|_{(m)}^{\sim}, \qquad w \in F_t^{(m)}.$$

By Lemma 2.4, there exists $u \in F_t^{(m)}$ such that

$$Q_U(w) = Q_U(u) + \| w - u \|_{(m)}^{\sim} \quad \text{for all } w \in F_t^{(m)}. \tag{3.3}$$

Moreover, Lemma 2.4 also implies that

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

$$Q_U(Tw) \le Q_U(w) \qquad (w \in F_t^{(m)}). \tag{3.4}$$

Step 1: Representation of differences. Every point $w \in F_t^{(m)}$ can be written (not uniquely) as

$$w = \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n g_n, \qquad \alpha_n \ge 0, \quad \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n = 1,$$

and likewise the distinguished point u can be written as

$$u = \sum_{n=1}^{\infty} \gamma_n g_n, \qquad \gamma_n \ge 0, \quad \sum_{n=1}^{\infty} \gamma_n = 1.$$

Define

$$a_n := \alpha_n - \gamma_n, \qquad n \in \mathbb{N}.$$

Then

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n = \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n - \sum_{n=1}^{\infty} \gamma_n = 1 - 1 = 0,$$

and

$$w - u = \sum_{n=1}^{\infty} a_n g_n.$$

Using the definition of (g_n) and the norm $\|\cdot\|_{(m)}^{\sim}$, we obtain

$$\| w - u \|_{(m)}^{\sim} = t|a_1| + \sum_{n=2}^{\infty} |a_n|. \tag{3.5}$$

Step 2: Mass–transfer reduction. We show that in any minimizing configuration of $\| w - u \|_{(m)}^{\sim}$ (with $w \in F_t^{(m)}$), we may assume that

$$a_n \le 0 \quad (n \ge 2), \qquad a_1 = \sum_{n=2}^{\infty} (-a_n) =: \xi \ge 0, \tag{3.6}$$

without increasing the value of (3.5).

Step 2.1: Removing negative mass at the first coordinate. Suppose that for a given w we have $a_1 < 0$. Since $\sum_n a_n = 0$, there must exist an index $k \ge 2$ with $a_k > 0$. Fix such a k and define

$$\tilde{a}_1 := 0, \qquad \tilde{a}_k := a_k + a_1, \qquad \tilde{a}_n := a_n \quad (n \ne 1, k).$$

Then

$$\sum_{n=1}^{\infty} \tilde{a}_n = a_1 + a_k + \sum_{n \ne 1,k} a_n = \sum_{n=1}^{\infty} a_n = 0.$$

Moreover, using (3.5), we compute

$$t|\tilde{a}_1| + |\tilde{a}_k| \quad = t \cdot 0 + |a_k + a_1| \le |a_1| + |a_k|$$

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

by the triangle inequality, and all other terms $|a_n|$ for $n \neq 1, k$ are unchanged. Hence

$$t|\tilde{a}_1| + \sum_{n=2}^{\infty} |\tilde{a}_n| \leq t|a_1| + \sum_{n=2}^{\infty} |a_n|$$

Therefore the transformation $a \mapsto \tilde{a}$ does not increase the norm. Iterating this procedure finitely many times, we may assume without loss of generality that $a_1 \geq 0$.

Step 2.2: Eliminating positive mass in the tail. Now suppose that $a_1 \geq 0$ and that there exists some index $k \geq 2$ with $a_k > 0$. Take $0 < \varepsilon \leq a_k$ and set

$$\tilde{a}_1 := a_1 + \varepsilon, \qquad \tilde{a}_k := a_k - \varepsilon, \qquad \tilde{a}_n := a_n \quad (n \neq 1, k).$$

Then again $\sum_n \tilde{a}_n = \sum_n a_n = 0$. A direct computation using (3.5) yields

$$t|\tilde{a}_1| + |\tilde{a}_k| \quad = t(a_1 + \varepsilon) + |a_k - \varepsilon|.$$

Since $a_1 \geq 0$ and $0 < \varepsilon \leq a_k$, we have $|a_k - \varepsilon| = a_k - \varepsilon$, so

$$t|\tilde{a}_1| + |\tilde{a}_k| = t(a_1 + \varepsilon) + (a_k - \varepsilon) = ta_1 + a_k + (t-1)\varepsilon \leq ta_1 + a_k,$$

because $t - 1 < 0$. All other terms $|a_n|$ are unchanged, hence

$$t|\tilde{a}_1| + \sum_{n=2}^{\infty} |\tilde{a}_n| \leq t|a_1| + \sum_{n=2}^{\infty} |a_n|.$$

Thus transferring a small amount of positive mass from any tail coordinate $k \geq 2$ to the first coordinate does not increase the norm, and strictly decreases it whenever $a_k > 0$ and $\varepsilon > 0$. Iterating this mass–transfer procedure, we obtain a representation with

$$a_k \leq 0 \quad (k \geq 2), \qquad a_1 = \sum_{k=2}^{\infty} (-a_k) =: \xi \geq 0.$$

Then from (3.5) we obtain

$$\| w - u \|_{(m)}^{\sim} = t\xi + \sum_{k=2}^{\infty} (-a_k) = t\xi + a_1 = (t+1)\xi. \tag{3.7}$$

Step 3: Minimizers and the set Λ. Define

$$m_0 := \inf\{\| w - u \|_{(m)}^{\sim} : w \in F_t^{(m)}\}.$$

By the reduction above and the compactness of the unit simplex of coefficients (α_n) in the weak * topology, the infimum is attained, so there exists at least one $w_0 \in F_t^{(m)}$ with

$$\| w_0 - u \|_{(m)}^{\sim} = m_0.$$

Let

$$\Lambda := \{w \in F_t^{(m)} : \| w - u \|_{(m)}^{\sim} = m_0\}$$

be the set of all minimizers. By construction, Λ is closed in $F_t^{(m)}$, nonempty, and convex (because the norm is convex). Moreover, by (3.7), any $w \in \Lambda$ is determined by a single parameter ξ and by one tail index $k \geq 2$ that carries the negative mass, so Λ is contained in

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

the finite–dimensional subspace spanned by $\{g_1, g_k\}$ and therefore is compact in the norm topology of $U_1^{(m)}$.

Step 4: Invariance of Λ under T. For any $w \in F_t^{(m)}$, (3.3) and (3.4) give

$$Q_U(u)+\| Tw-u \|_{(m)}^{\sim}= Q_U(Tw) \le Q_U(w) = Q_U(u)+\| w-u \|_{(m)}^{\sim}.$$

In particular, if $w \in \Lambda$ then $\| w-u \|_{(m)}^{\sim}= m_0$, hence

$$Q_U(u)+\| Tw-u \|_{(m)}^{\sim}\le Q_U(u)+m_0,$$

which implies

$$\| Tw-u \|_{(m)}^{\sim}\le m_0.$$

By the definition of m_0 as the infimum of $\| z-u \|_{(m)}^{\sim}$ over all $z \in F_t^{(m)}$, we must have

$$\| Tw-u \|_{(m)}^{\sim}= m_0,$$

so $Tw \in \Lambda$. Therefore

$$T(\Lambda) \subset \Lambda.$$

Step 5: Application of Schauder's theorem. We have shown that Λ is a nonempty, closed, bounded and convex subset of the Banach space $U_1^{(m)}$, and that $T|\Lambda: \Lambda \to \Lambda$ is nonexpansive and hence continuous. By the Schauder Fixed Point Theorem (Schauder, 1930), the mapping $T|\Lambda$ has a fixed point $x^* \in \Lambda$, i.e.

$$T(x^*) = x^*.$$

Since $\Lambda \subset F_t^{(m)}$, this proves that T has a fixed point in $F_t^{(m)}$, completing the proof.

3.2. Finite Mixed Block Perturbations

We now extend Theorem 3.1 to a more general situation in which several coordinates are perturbed simultaneously by coefficients $t_j \in (0,1)$.

Fix $s \in \mathbb{N}$ and choose numbers $t_1, \dots, t_s \in (0,1)$. Define

$$g_j := t_j \frac{v_j}{j^{m-r}}\, \hat{e}_j \quad (1 \le j \le s), \qquad g_n := \frac{v_n}{n^{m-r}}\, \hat{e}_n \quad (n \ge s+1), \tag{3.8}$$

and set

$$F_s^{(m)} := co\{g_n : n \in \mathbb{N}\}, \tag{3.9}$$

the closed convex hull of the sequence (g_n) in $U^{(m)}1$. As before, $F_s^{(m)}$ is a nonempty closed, bounded and convex subset of $U^{(m)}1$.

Theorem 3.2 *Let $s \in \mathbb{N}$ and $t_1, \dots, t_s \in (0,1)$. Then every nonexpansive mapping $T: F_s^{(m)} \to F_s^{(m)}$ has a fixed point.*

Proof. Let $T: F_s^{(m)} \to F_s^{(m)}$ be nonexpansive. As in the proof of Theorem 3.1, there exists an approximate fixed point sequence (AFPS) $(u^{(n)}) \subset F_s^{(m)}$ such that

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

$$\lim_{n\to\infty} \| T(u^{(n)}) - u^{(n)} \|_{(m)}^{\sim} = 0.$$

Define

$$Q_U(w) := \limsup_{n\to\infty} \| u^{(n)} - w \|_{(m)}^{\sim}, \qquad w \in F_s^{(m)}.$$

By Lemma 2.4, there exists $u \in F_s^{(m)}$ such that

$$Q_U(w) = Q_U(u) + \| w - u \|_{(m)}^{\sim} \qquad \text{forall} w \in F_s^{(m)}, \tag{3.10}$$

and

$$Q_U(Tw) \le Q_U(w) \qquad (w \in F_s^{(m)}). \tag{3.11}$$

Step 1: Coefficient representation and norm formula. As before, we may write

$$u = \sum_{n=1}^{\infty} \gamma_n g_n, \qquad w = \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n g_n,$$

where $\gamma_n, \alpha_n \ge 0$ and $\sum_n \gamma_n = \sum_n \alpha_n = 1$. Set

$$a_n := \alpha_n - \gamma_n, \qquad n \in \mathbb{N}.$$

Then $\sum_{n=1}^{\infty} a_n = 0$ and

$$w - u = \sum_{n=1}^{\infty} a_n g_n.$$

Using (3.8) and the norm $\|\cdot\|_{(m)}^{\sim}$ we obtain

$$\| w - u \|_{(m)}^{\sim} = \sum_{j=1}^{s} t_j |a_j| + \sum_{n=s+1}^{\infty} |a_n|. \tag{3.12}$$

Step 2: Tail elimination by mass transfer. We first show that in a minimizing configuration of $\| w - u \|_{(m)}^{\sim}$, all positive mass can be concentrated in the first s coordinates.

Assume there exists an index $k \ge s+1$ with $a_k > 0$. Choose an index $j \in \{1, \dots, s\}$ and fix $0 < \varepsilon \le a_k$. Define

$$\tilde{a}_j := a_j + \varepsilon, \qquad \tilde{a}_k := a_k - \varepsilon, \qquad \tilde{a}_n := a_n \quad (n \ne j, k).$$

Then

$$\sum_{n=1}^{\infty} \tilde{a}_n = a_j + \varepsilon + a_k - \varepsilon + \sum_{n\ne j,k} a_n = \sum_{n=1}^{\infty} a_n = 0.$$

For the norm, we compare the contributions of coordinates j and k in (3.12). We have

$$t_j|\tilde{a}_j| + |\tilde{a}_k| = t_j|a_j + \varepsilon| + |a_k - \varepsilon|.$$

Since $a_k > 0$ and $0 < \varepsilon \le a_k$, we have $|a_k - \varepsilon| = a_k - \varepsilon$. Moreover, by the triangle inequality,

$$|a_j + \varepsilon| - |a_j| \le |a_j + \varepsilon - a_j| = \varepsilon,$$

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

so

$$t_j|\tilde{a}_j| - t_j|a_j| \le t_j\varepsilon.$$

Therefore,

$$\begin{aligned} t_j|\tilde{a}_j| + |\tilde{a}_k| &\le t_j|a_j| + t_j\varepsilon + a_k - \varepsilon \\ &= t_j|a_j| + a_k + (t_j - 1)\varepsilon \\ &\le t_j|a_j| + a_k, \end{aligned}$$

since $t_j \in (0,1)$ implies $t_j - 1 < 0$. All other terms in (3.12) remain unchanged, hence

$$\sum_{j=1}^{s} t_j|\tilde{a}_j| + \sum_{n=s+1}^{\infty} |\tilde{a}_n| \le \sum_{j=1}^{s} t_j|a_j| + \sum_{n=s+1}^{\infty} |a_n|.$$

Thus transferring a small amount of positive mass from a tail coordinate $k \ge s+1$ to any block coordinate $j \le s$ does not increase the norm, and strictly decreases it whenever $a_k > 0$ and $\varepsilon > 0$.

Iterating this tail elimination procedure, we may assume in a minimizing configuration that

$$a_n \le 0 \quad \text{for all } n \ge s+1. \tag{3.13}$$

Step 3: Sign structure on the block and mass balance. We now analyze the first s coordinates. Write

$$\delta := \sum_{n=s+1}^{\infty} (-a_n) \ge 0.$$

Since $\sum_{n=1}^{\infty} a_n = 0$, we obtain

$$\sum_{j=1}^{s} a_j = \sum_{n=1}^{\infty} a_n - \sum_{n=s+1}^{\infty} a_n = 0 - \sum_{n=s+1}^{\infty} a_n = \sum_{n=s+1}^{\infty} (-a_n) = \delta.$$

Thus the vector $(a_1, \dots, a_s)$ belongs to the simplex

$$\Delta_s(\delta) := \{(b_1, \dots, b_s) \in \mathbb{R}^s : \sum_{j=1}^{s} b_j = \delta\}.$$

If some $a_j < 0$ for $1 \le j \le s$, then, arguing as in Step 2.1 of Theorem 3.1, we can transfer negative mass among block coordinates without increasing the value of

$$\sum_{j=1}^{s} t_j|a_j|,$$

and finally achieve a configuration in which all $a_j \ge 0$ for $1 \le j \le s$. Hence, in a minimizing configuration, we may assume

$$a_j \ge 0 \quad (1 \le j \le s), \qquad a_n \le 0 \quad (n \ge s+1). \tag{3.14}$$

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Under (3.14) and (3.13) the norm in (3.12) becomes

$$\| w - u \|_{(m)}^{\sim} = \sum_{j=1}^{s} t_j a_j + \sum_{n=s+1}^{\infty} (-a_n). \tag{3.15}$$

Using the identity $\sum_{j=1}^{s} a_j = \delta = \sum_{n=s+1}^{\infty} (-a_n)$, we can rewrite

$$\| w - u \|_{(m)}^{\sim} = \sum_{j=1}^{s} t_j a_j + \delta.$$

Step 4: Minimization over the finite simplex. Fix $\delta \geq 0$. The vector $(a_1, \dots, a_s)$ lies in the simplex

$$\Sigma_s(\delta) := \{(a_1, \dots, a_s) \in [0, \infty)^s : \sum_{j=1}^{s} a_j = \delta\},$$

and in view of (3.15), the function

$$(a_1, \dots, a_s) \mapsto \| w - u \|_{(m)}^{\sim} = \sum_{j=1}^{s} t_j a_j + \delta$$

is an affine functional on $\Sigma_s(\delta)$. Affine functionals attain their minimum at extreme points of the simplex, i.e. at points where all the mass is concentrated in one coordinate.

Let

$$t_* := \min\{t_1, \dots, t_s\}, \qquad I_* := \{j \in \{1, \dots, s\} : t_j = t_*\}.$$

Then the minimum of $\sum_{j=1}^{s} t_j a_j$ under the constraint $\sum_{j=1}^{s} a_j = \delta$ is attained when $a_j = \delta$ for some $j \in I_*$ and $a_i = 0$ for $i \neq j$, and its value is t_δ. Therefore

$$\min\{\| w - u \|_{(m)}^{\sim} : w \in F_s^{(m)}\} = \delta + t_* \delta = (1 + t_*)\delta.$$

We denote this minimal value by

$$m_0 := (1 + t_*)\delta.$$

Moreover, the set of all minimizers is given (in coefficient form) by

$$\left\{ (a_1, \dots, a_s, a_{s+1}, \dots) \;\middle|\; \begin{array}{c} a_j \geq 0 \;\; (1 \leq j \leq s), \;\; a_n \leq 0 \;\; (n \geq s+1), \\ \sum_{j=1}^{s} a_j = \delta, \;\; a_j = 0 \text{ if } \; t_j > t_* \end{array} \right\}.$$

Step 5: The set of minimizers Λ. Define

$$\Lambda := \{w \in F_s^{(m)} : \| w - u \|_{(m)}^{\sim} = m_0\}.$$

By the description above, Λ is nonempty (since there are extreme points achieving the minimum) and convex (as the level set of a convex function). Furthermore, Λ is contained in the finite–dimensional subspace spanned by

$$\{g_j : j \in I_*\} \cup \{g_n : n \geq s + 1 \text{ with } a_n \neq 0\},$$

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

and is closed in $U^{(m)}1$. Hence Λ is a nonempty, compact, convex subset of $U^{(m)}1$.

Step 6: Invariance of Λ under T. Let $w \in \Lambda$. From (3.10) and (3.11) we obtain

$$Q_U(u)+\| Tw-u \|_{(m)}^{\sim}= Q_U(Tw) \le Q_U(w) = Q_U(u)+\| w-u \|_{(m)}^{\sim}= Q_U(u)+m_0.$$

Therefore

$$\| Tw-u \|_{(m)}^{\sim}\le m_0.$$

On the other hand, by the definition of m_0 as the minimum of $\| z-u \|_{(m)}^{\sim}$ over all $z \in F_s^{(m)}$, we must have

$$\| Tw-u \|_{(m)}^{\sim}\ge m_0.$$

Combining the two inequalities yields

$$\| Tw-u \|_{(m)}^{\sim}= m_0,$$

so $Tw \in \Lambda$. Thus

$$T(\Lambda) \subset \Lambda.$$

Step 7: Application of Schauder's theorem. The set Λ is a nonempty, compact and convex subset of the Banach space $U_1^{(m)}$, and $T|\Lambda: \Lambda \to \Lambda$ is nonexpansive and hence continuous. By the Schauder Fixed Point Theorem (Schauder, 1930), $T|\Lambda$ has a fixed point $x^* \in \Lambda$, i.e. $T(x^*) = x^*$. Since $\Lambda \subset F_s^{(m)}$, this shows that T has a fixed point in $F_s^{(m)}$, completing the proof.

4. COROLLARIES AND REMARKS

We now record several consequences of Theorems 3.1 and 3.2, followed by comments clarifying the role of finitely supported perturbations in the geometry of $U_1^{(m)}$.

4.1. Corollaries

Corollary 1 *Let $s \in \mathbb{N}$ and $0 < t < 1$. Define*

$$g_j = t\ \frac{v_j}{j^{\,m-r}}\ \hat{e}_j \qquad (1 \le j \le s),$$

$$g_n = \frac{v_n}{n^{\,m-r}}\ \hat{e}_n \qquad (n > s),$$

and set

$$F_s^{(m)} = co\{g_n : n \in \mathbb{N}\}.$$

Then every nonexpansive mapping $T: F_s^{(m)} \to F_s^{(m)}$ has a fixed point.

Corollary 2 *Suppose $0 < t_1 \le t_2 \le \cdots \le t_s < 1$ and define*

$$g_j = t_j\ \frac{v_j}{j^{\,m-r}}\ \hat{e}_j, \qquad g_n = \frac{v_n}{n^{\,m-r}}\ \hat{e}_n\ \ (n > s),$$

with $F_s^{(m)} = co\{g_n : n \in \mathbb{N}\}$. Then $F_s^{(m)}$ has the FPP for nonexpansive mappings.

4.2. Remarks

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Remark 4.1 *If the same coefficient $t \in (0,1)$ is applied to all coordinates, the resulting convex hull is isometric to a subset of the positive cone of the ℓ^1 unit sphere. A right-shift operator gives a nonexpansive self-map with no fixed points. Thus the finiteness of the perturbed block is essential.*

Remark 4.2 *The above arguments parallel those valid for the Köthe–Toeplitz duals $D_1^{(m)}$, $S_1^{(m)}$ and Y_m. In each case, once the norm difference reduces to a finitely supported perturbation, the minimizer set is compact and Schauder's theorem applies.*

Remark 4.3 *More general perturbation patterns may also yield the FPP, provided that the mass-transfer procedure reduces the geometry to a finite simplex. Examples include decreasing blocks, alternating blocks and Everest-type two-sided shifts.*

5. CONCLUSION

In this article we studied the fixed point property for nonexpansive mappings on the Köthe–Toeplitz dual $U_1^{(m)}$, an α-dual of the generalized difference sequence space introduced in the Et–Işık framework. Using the isometric isomorphism

$$J_U : U_1^{(m)} \to \ell^1,$$

we transported the Goebel–Kuczumow functional into the geometry of $U_1^{(m)}$ and obtained an analogue of the classical representation lemma in this setting.

Although $U_1^{(m)}$ itself fails to have the fixed point property because of its isometric equivalence with ℓ^1, we showed that the FPP can be restored on large families of closed, bounded and convex subsets generated by finite perturbations of the canonical basis. These perturbations modify only finitely many coordinates through coefficients in $(0,1)$ and force the mass–transfer procedure to reduce the geometry to a compact simplex. Schauderâ€™s fixed point theorem then yields a fixed point for every nonexpansive self-map on these sets.

Our results complement corresponding constructions in other Köthe–Toeplitz duals such as $D_1^{(m)}$, $S_1^{(m)}$, $W_1^{(m)}$ and Γ_m, all arising from the generalized difference schemes studied by Et–Işık, Et–Esi and Bektaş–Et–Çolak. In all cases the finiteness of the perturbed block plays a decisive role: infinite constant perturbations admit shift-type nonexpansive maps without fixed points.

Further research will address more elaborate perturbation patterns, including Everest-type two-layer constructions, infinite decreasing coefficient blocks, hybrid schemes combining Et–Işık and Et–Esi structures, and extensions to Musielak–Orlicz or paranormed sequence spaces.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

These developments require a refined analysis of approximate fixed point functionals with nonuniform weights and will be pursued in future work.

REFERENCES

[1] Bektaş, Ç. A., Et, M., & Çolak, R. (2004). Generalized difference sequence spaces and their dual spaces. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 292(2), 423–432.

[2] Chen, S., Cui, Y., Hudzik, H., & Sims, B. (2001). Geometric properties related to fixed point theory in some Banach function lattices. In *Handbook of Metric Fixed Point Theory* (pp. 339–389). Springer.

[3] Et, M., & Esi, A. (2000). On Kötheâ€“Toeplitz duals of generalized difference sequence spaces. *Bulletin of the Malaysian Mathematical Sciences Society*, 23(1), 25–32.

[4] Et, M., & Işık, M. (2012). On $p\alpha$-dual spaces of generalized difference sequence spaces. *Applied Mathematics Letters*, 25(10), 1486–1489.

[5] Everest, T. M. (2013). *Fixed points of nonexpansive maps on closed, bounded, convex sets in* ℓ^1 (Doctoral dissertation). University of Pittsburgh.

[6] Goebel, K., & Kirk, W. A. (1990). *Topics in Metric Fixed Point Theory*. Cambridge University Press.

[7] Goebel, K., & Kuczumow, T. (1979). Irregular convex sets with fixed-point property for nonexpansive mappings. *Colloquium Mathematicum*, 2(40), 259–264.

[8] Kızmaz, H. (1981). On certain sequence spaces. *Canadian Mathematical Bulletin*, 24(2), 169–176.

[9] Güven, A. (2025). *The fixed point property for Banach spaces alike spaces of absolutely summable sequences* ℓ^1 *and Lebesgue integrable function spaces* $L_1[0,1]$ (PhD thesis). Kafkas University, Graduate School of Applied and Natural Science, Department of Mathematics.

[10] Nezir, V., & Mustafa, N. (2022). A Köthe-Toeplitz dual of a generalized Cesàro difference sequence space, a degenerate Lorentz space, their corresponding function spaces and FPP. *Turkish Journal of Mathematics*, 46(3), 810–831.

[11] Schauder, J. (1930). Der fixpunktsatz in funktionalraümen. *Studia Mathematica, 2*(1), 171-180.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

FIXED POINT PROPERTY FOR NONEXPANSIVE MAPPINGS IN A WEIGHTED CESÀRO–TYPE SEQUENCE SPACE W_1^m

Doç. Dr. Veysel NEZİR

Kafkas Üniversitesi, veyselnezir@yahoo.com - 0000-0001-9640-8526

ABSTRACT

In this paper, we study a Köthe–Toeplitz α–dual sequence space generated by a scaled–weight generalized difference structure. For a fixed integer $m \in \mathbb{N}$ and $1 \leq r \leq m$, the underlying dual sequence space is

$$W_1^{m-r}(v) = \left\{ a = (a_k) \in \omega : \| a \|_W = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^{m-r}|v_k|} |a_k| < \infty \right\},$$

which is obtained from the classical dual $U_1^{m-r}(v)$ by replacing the original weight v_k in the difference operator by a scaled version $k^{2m-2r}|v_k|$. This construction follows the general scheme developed in the works of Et and Esi, Bektas, Et and Çolak, and Ansari and Chaudhry on generalized difference sequence spaces and their Köthe–Toeplitz duals.

Motivated by the geometry of generalized difference sequence spaces and weighted ℓ^1–like Banach spaces, we investigate the fixed point behavior of nonexpansive mappings acting on closed, bounded, convex subsets of W_1^m. In analogy with the Goebel–Kuczumow functional technique for ℓ^1 and with Everest's analysis of nonexpansive mappings on special convex subsets of ℓ^1, we adapt these methods to the weighted setting of W_1^m. This allows us to exploit the combined effect of Cesàro–type growth and weighted decay in order to control approximate fixed point sequences and to derive fixed point property results for nonexpansive mappings on large classes of closed, bounded, convex subsets of W_1^m.

Anahtar Kelimeler: Nonexpansive mapping, fixed point property, closed bounded convex set, difference sequences, Kothe-Toeplitz duals.

1. INTRODUCTION

Weighted, Cesàro–type and generalized difference sequence spaces have been central objects

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

of study since the pioneering work of Ng and Lee (1978) on Cesàro sequence spaces of nonabsolute type, followed by the generalized difference constructions of K zmaz (1981) and Orhan (1983). Later developments by Et–Esi (2000), Çolak (1989), and Et–Isk (2012) introduced higher–order schemes and identified many Köthe–Toeplitz duals that are isometrically isomorphic to ℓ^1. The fixed point theoretic behavior of such ℓ^1–like Banach sequence spaces, together with the geometric structure of their closed, bounded, convex subsets, is surveyed systematically in Güven (2025).

In earlier conference studies by Nezir and Güven (2023), new weighted structures related to α–duals and generalized Cesàro differences were introduced for estimating fixed point coefficients of uniform Lipschitz mappings. Motivated by these constructions, the present paper introduces and investigates the weighted Cesàro–type sequence space

$$W_1^m = \left\{ a = (a_k) : \sum_{k=1}^{\infty} \frac{|a_k|}{k^{\,m-r}|v_k|} < \infty \right\},$$

where $m > r$ are fixed integers and (v_k) is a sequence of nonzero real weights. The coefficient k^{m-r} produces a Cesàro–type scaling, while $|v_k|$ introduces an external weight, positioning W_1^m within the family of weighted summability spaces arising from generalized difference structures. The theory of generalized difference sequence spaces has its origin in the work of Kzmaz (1981), who introduced the classical first–order difference spaces

$$\ell^\infty(\Delta), \qquad c(\Delta), \qquad c_0(\Delta),$$

defined via $(\Delta x)_k = x_k - x_{k+1}$. This direction was expanded by Çolak (1989), who considered higher–order and weighted difference operators and thereby initiated the modern framework of generalized difference sequence spaces.

A decisive step was taken by Et and Çolak (1995), who defined the weighted m–th order difference operator

$$(\Delta_v^{(m)} x)_k = \sum_{i=0}^{m} (-1)^i \binom{m}{i} v_{k+i} x_{k+i},$$

where $v = (v_k)$ is a sequence of nonzero real numbers. This led to generalized difference sequence spaces of the form

$$\Delta_v^{(m)}(X) = \{ x = (x_k) : \Delta_v^{(m)} x \in X \}, \qquad X \in \{\ell^\infty, c, c_0\}.$$

Subsequent work by Et and Esi (2000) and Et and Isk (2012) developed these constructions further and, in particular, determined their Köthe–Toeplitz duals.

Bektas, Et, and Çolak (2004) obtained a complete description of the dual spaces associated with the m–th order generalized difference structures. For a given $m \in \mathbb{N}$ and $1 \le r \le m$, one of the resulting α–dual spaces takes the form

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

$$U_1^{m-r}(v) = \left\{ a = (a_k) \in \omega : \sum_{k=1}^{\infty} \frac{k^{m-r}}{|v_k|} \, |a_k| < \infty \right\},$$

which is linearly isometric to ℓ^1 and plays an important role in the geometry of Banach spaces.

1.1. A Scaled–weight Dual Companion

The generalized difference duality scheme also produces a second α–dual obtained by scaling the original weight. More precisely, if one replaces the weight v_k in the difference operator by

$$v_{k\prime} := k^{2m-2r}|v_k|,$$

then the corresponding Köthe–Toeplitz α–dual becomes

$$U_1^{m-r}(v') = \ell\left(\frac{k^{m-r}}{|v_{k\prime}|}\right) = \ell\left(\frac{1}{k^{m-r}|v_k|}\right).$$

It is therefore natural to denote this second dual by

$$W_1^{m-r}(v) := U_1^{m-r}(v') = \left\{ a = (a_k) \in \omega : \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^{m-r}|v_k|} \, |a_k| < \infty \right\},$$

with norm

$$\| a \|_W = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^{m-r}|v_k|} \, |a_k|.$$

Thus $U_1^{m-r}(v)$ and $W_1^{m-r}(v)$ are two Köthe–Toeplitz duals arising from the same generalized difference operator but with different scaled weights.

Thus W_1^m is itself too a Köthe–Toeplitz dual and it exhibits strong structural parallels to the dual spaces studied by Ansari and Chaudhry (2012) and by Et–Isk (2012). Through the isometric identification

$$J_W(a)_k = \frac{a_k}{k^{\,m-r} \, \| \, v_k \, \|}.$$

the space W_1^m becomes isometrically isomorphic to ℓ^1. As a consequence, W_1^m fails the fixed point property for nonexpansive mappings, exactly as ℓ^1 does (Goebel & Kirk, 1990).

Nevertheless, as shown in ℓ^1 by Goebel and Kuczumow (1979) and later by Everest (2013), large and geometrically meaningful subclasses of closed, bounded, convex subsets do possess the fixed point property. The purpose of this paper is to adapt this technique to W_1^m by transporting the Goebel–Kuczumow functional through the isometry J_W and by developing a weighted mass–transfer argument tailored to the Cesàro–type norm. This leads to new families of subsets of W_1^m on which every nonexpansive mapping admits a fixed point.

2. PRELIMINARIES

Weighted summability and generalized difference sequence spaces have been developed in a

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

long line of works beginning with Ng and Lee (1978), Kızmaz (1981), and Orhan (1983), and later extended by Et and Esi (2000), Çolak (1989), and Et and Işık (2012). In this framework, several Köthe–Toeplitz duals were identified and shown to be isomorphic to ℓ^1 (e.g., Ansari and Chaudhry, 2012; Bektas, Et, & Çolak, 2004). A systematic analysis of the fixed point property on Banach sequence spaces structurally close to ℓ^1 and $L_1[0,1]$ is given in Güven (2025).

The weighted Cesàro–type space W_1^m considered in the present paper arises naturally in this context and was first introduced, together with a related space U_1^m, in the conference papers of Nezir and Güven (2023a, 2023b), where coefficient estimates for the fixed point property of uniform Lipschitz mappings were obtained in various dual structures.

2.1. Definition of the Space W_1^m

Let (v_k) be a sequence of nonzero real numbers and let $m, r \in \mathbb{N}$ satisfy $m > r$. We define

$$W_1^m = \{a = (a_k)_{k\in\mathbb{N}} : \ \| a \|_{(\widetilde{m})} = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\| a_k \|}{k^{\,m-r} \ \| v_k \|} < \infty\}.$$

It is straightforward to check that $\|\cdot\|_{(\widetilde{m})}$ is a norm on W_1^m and that $(W_1^m, \|\cdot\|_{(\widetilde{m})})$ is complete, so that W_1^m is a Banach sequence space.

Remark 2.1 *The factor $k^{\,m-r}$ encodes a Cesàro–type scaling, while the external weight $|v_k|$ introduces a variable coefficient structure. When the weights and indices are chosen as in the dual constructions of Et and Esi (2000), Bektas et al. (2004), and Et and Işık (2012), one recovers Köthe–Toeplitz duals that are isomorphic to ℓ^1. In contrast, W_1^m is not, in general, a Köthe–Toeplitz dual, but it retains an ℓ^1–like geometry via the isometry described below.*

2.2. Isometric Identification with ℓ^1

Define a linear mapping $J_W : W_1^m \to \ell^1$ by

$$J_W(a)_k = \frac{a_k}{k^{\,m-r}\,|v_k|}, \qquad k \in \mathbb{N}.$$

Clearly J_W is well-defined, and for each $a \in W_1^m$ we have

$$\| J_W(a) \|_1 = \sum_{k=1}^{\infty} \left| \frac{a_k}{k^{\,m-r}\,|v_k|} \right| = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{|a_k|}{k^{\,m-r}\,|v_k|} = \| a \|_{(\widetilde{m})}.$$

Thus J_W is an isometry from W_1^m into ℓ^1.

Conversely, given $x = (x_k) \in \ell^1$, the sequence

$$a_k = k^{\,m-r}\,|v_k|\,x_k, \qquad k \in \mathbb{N},$$

belongs to W_1^m and satisfies $J_W(a) = x$. Hence J_W is surjective, and we obtain:

Lemma 2.2 *The operator $J_W : W_1^m \to \ell^1$ is a surjective linear isometry. In particular, W_1^m is isometrically isomorphic to ℓ^1 and therefore nonreflexive.*

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Since ℓ^1 fails the fixed point property for nonexpansive mappings (Goebel & Kirk, 1990, Chapter 3), the space W_1^m also fails the global fixed point property. Nevertheless, as we shall see, large subclasses of closed, bounded, convex subsets of W_1^m do enjoy the fixed point property.

2.3. Nonexpansive Mappings and Approximate Fixed Point Sequences

Let $(X, \|\cdot\|)$ be a Banach space and let $C \subset X$ be nonempty, closed, bounded, and convex. A mapping $T: C \to C$ is called *nonexpansive* if

$$\| T(x) - T(y) \| \leq \| x - y \| \qquad \text{for all } x, y \in C.$$

A sequence $(u^{(n)}) \subset C$ is called an *approximate fixed point sequence* (AFPS) for T if

$$\lim_{n\to\infty} \| T(u^{(n)}) - u^{(n)} \| = 0.$$

It is a standard fact (see Goebel & Kirk, 1990, pp. 10-12) that if C is nonempty, closed, bounded, and convex, then every nonexpansive mapping $T: C \to C$ admits an AFPS. We shall use this fact in the sequel without further comment.

2.4. The Goebel–Kuczumow Functional in W_1^m

Let $C_W^{(m)} \subset W_1^m$ be a nonempty closed, bounded, convex subset, and let $T: C_W^{(m)} \to C_W^{(m)}$ be nonexpansive. Suppose that $(u^{(n)}) \subset C_W^{(m)}$ is an AFPS for T. We define a functional $Q_W: C_W^{(m)} \to [0, \infty)$ by

$$Q_W(w) = \limsup_{n\to\infty} \| u^{(n)} - w \|_{\widetilde{(m)}}, \qquad w \in C_W^{(m)}.$$

The corresponding functional in ℓ^1 is obtained by transporting everything through the isometry J_W. Set

$$x^{(n)} = J_W(u^{(n)}), \qquad C' = J_W(C_W^{(m)}) \subset \ell^1,$$

and define $S: C' \to C'$ by

$$S(x) = J_W(T(J_W^{-1}(x))), \qquad x \in C'.$$

Then S is nonexpansive on C' and $(x^{(n)})$ is an AFPS for S. Define

$$Q_{\ell^1}(z) = \limsup_{n\to\infty} \| x^{(n)} - z \|_1, \qquad z \in C'.$$

The classical Goebel–Kuczumow lemma in ℓ^1 (Goebel & Kuczumow, 1979) then yields the following representation.

Lemma 2.3 (Goebel--Kuczumow lemma in W_1^m) *Let $C_W^{(m)} \subset W_1^m$ be nonempty, closed, bounded, and convex, and let $T: C_W^{(m)} \to C_W^{(m)}$ be nonexpansive. Let $(u^{(n)})$ be an AFPS for T, and define Q_W as above. Then there exists a point $u \in C_W^{(m)}$ such that*

$$Q_W(w) = Q_W(u) + \| w - u \|_{\widetilde{(m)}} \qquad \text{for all } w \in C_W^{(m)}.$$

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

In particular,

$$Q_W(Tw) \le Q_W(w) \qquad \text{for all } w \in C_W^{(m)}.$$

Proof. Let C',S,$(x^{(n)})$ and Q_{ℓ^1} be as above. By the classical Goebel–Kuczumow lemma in ℓ^1 (Goebel & Kuczumow, 1979), there exists $y \in C'$ such that

$$Q_{\ell^1}(z) = Q_{\ell^1}(y) + \| z - y \|_1 \qquad \text{for all } z \in C'.$$

Moreover, one has $Q_{\ell^1}(Sz) \le Q_{\ell^1}(z)$ for all $z \in C'$.

Define $u = J_W^{-1}(y) \in C_W^{(m)}$. For any $w \in C_W^{(m)}$ we have

$$Q_W(w) = \limsup_{n\to\infty} \| u^{(n)} - w \|_{\widetilde{(m)}} = \limsup_{n\to\infty} \| J_W\big(u^{(n)} - w\big) \|_1$$
$$= \limsup_{n\to\infty} \| x^{(n)} - J_W(w) \|_1 = Q_{\ell^1}(J_W(w)).$$

Using the representation formula in ℓ^1 we obtain

$$Q_W(w) = Q_{\ell^1}(J_W(w)) = Q_{\ell^1}(y) + \| J_W(w) - y \|_1 = Q_{\ell^1}(y) + \| J_W(w - u) \|_1.$$

Since J_W is an isometry, we have $\| J_W(w-u) \| 1 = \| w - u \|_{\widetilde{(m)}}$, and moreover $Q_{\ell^1}(y) = Q_W(u)$. Thus

$$Q_W(w) = Q_W(u) + \| w - u \|_{\widetilde{(m)}},$$

which proves the representation formula.

To obtain the monotonicity property, fix $w \in C_W^{(m)}$ and set $z = J_W(w) \in C'$. Then

$$Q_W(Tw) = Q_{\ell^1}(Sz) \le Q_{\ell^1}(z) = Q_W(w),$$

by the corresponding inequality in ℓ^1. This completes the proof.

3. MAIN RESULTS

In this section we construct large families of closed, bounded and convex subsets of W_1^m on which every nonexpansive mapping has a fixed point. The argument relies on transporting the Goebel–Kuczumow technique through the isometry J_W and then applying a finite–dimensional mass–transfer procedure analogous to the one used by Everest (2013) in ℓ^1.

Throughout this section we fix integers $m, r \in \mathbb{N}$ with $m > r$ and a sequence (v_k) of nonzero real numbers. The space W_1^m is given by

$$W_1^m = \left\{ a = (a_k) : \sum_{k=1}^{\infty} \frac{|a_k|}{k^{\,m-r}\,|v_k|} < \infty \right\},$$

and $J_W : W_1^m \to \ell^1$ denotes the canonical isometry described above.

3.1. A Normalized Basis and İts Perturbation

Let (e_k) denote the canonical unit vectors in ℓ^1 and define

$$f_k = J_W^{-1}(e_k), \qquad k \in \mathbb{N}.$$

Since $J_W(f_k) = e_k$ and J_W is given by $J_W(a)k = ak/(k^{\,m-r}\,|v_k|)$, we obtain

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

$$f_k = k^{\,m-r}\,|v_k|\,\hat{e}_k, \qquad k \in \mathbb{N},$$

where $(\hat{e}k)$ denotes the canonical unit vectors in W_1^m. For every finitely supported scalar sequence (α_k) we have

$$\left\|\sum_{k=1}^{\infty} \alpha_k f_k\right\|_{(\widetilde{m})} = \sum_{k=1}^{\infty} |\alpha_k|,$$

because J_W sends $\sum \alpha_k f_k$ to $\sum \alpha_k e_k$ in ℓ^1. Thus (f_k) is a normalized basis of W_1^m that is isometric, via J_W, to the canonical basis of ℓ^1.

We now perturb this basis by modifying finitely many coordinates. The simplest case is that of a single perturbed coordinate.

3.2. A First Large Class in W_1^m

Fix $t \in (0,1)$ and define a sequence $(g_k) \subset W_1^m$ by

$$g_1 = tf_1, \qquad g_k = f_k \quad (k \geq 2).$$

We then consider the closed convex hull

$$F_t^{(W)} = \left\{\sum_{k=1}^{\infty} \alpha_k g_k : \alpha_k \geq 0, \qquad \sum_{k=1}^{\infty} \alpha_k = 1\right\} \subset W_1^m,$$

where the sum is taken in the norm $\|\cdot\|_{(\widetilde{m})}$.

Since $\| g_1 \|_{(\widetilde{m})} = t$ and $\| gk \|_{(\widetilde{m})} = 1$ for $k \geq 2$, every element of $F_t^{(W)}$ has norm at most 1, so $F_t^{(W)}$ is bounded. By construction it is convex, and taking the norm closure ensures closedness. Hence $F_t^{(W)}$ is a nonempty closed, bounded, convex subset of W_1^m.

Theorem 3.1 *Let $t \in (0,1)$ and let $F_t^{(W)}$ be defined as above. Then every nonexpansive mapping $T: F_t^{(W)} \to F_t^{(W)}$ has a fixed point. In other words, $F_t^{(W)}$ has the fixed point property for nonexpansive mappings.*

Proof. Let $T: F_t^{(W)} \to F_t^{(W)}$ be nonexpansive. Since $F_t^{(W)}$ is nonempty, closed, bounded, and convex, there exists an AFPS $(u^{(n)})$ for T in $F_t^{(W)}$ (Goebel & Kirk, 1990). Define

$$Q(w) = \limsup_{n\to\infty} \| u^{(n)} - w \|_{(\widetilde{m})}, \qquad w \in F_t^{(W)}.$$

By Lemma 2.3, there exists $u \in F_t^{(W)}$ such that

$$Q(w) = Q(u) + \| w - u \|_{(\widetilde{m})} \qquad \text{for all } w \in F_t^{(W)},$$

and $Q(Tw) \leq Q(w)$ for all $w \in F_t^{(W)}$.

Every $w \in F_t^{(W)}$ can be written in the form

$$w = \sum_{k=1}^{\infty} \alpha_k g_k, \qquad \alpha_k \geq 0, \qquad \sum_{k=1}^{\infty} \alpha_k = 1,$$

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

and we may write

$$u = \sum_{k=1}^{\infty} \gamma_k g_k, \qquad \gamma_k \geq 0, \qquad \sum_{k=1}^{\infty} \gamma_k = 1.$$

Define

$$a_k = \alpha_k - \gamma_k, \qquad k \in \mathbb{N}.$$

Then

$$\sum_{k=1}^{\infty} a_k = \sum_{k=1}^{\infty} \alpha_k - \sum_{k=1}^{\infty} \gamma_k = 1 - 1 = 0,$$

and

$$w - u = \sum_{k=1}^{\infty} a_k g_k.$$

Using the disjoint support of the family (f_k) and the fact that $g_1 = tf_1$ and $g_k = f_k$ for $k \geq 2$, we obtain

$$\| w - u \|_{(\widetilde{m})} = \| a_1 g_1 \|_{(\widetilde{m})} + \sum_{k=2}^{\infty} \| a_k g_k \|_{(\widetilde{m})} = t|a_1| + \sum_{k=2}^{\infty} |a_k|.$$

Indeed, this follows from the fact that

$$\left\| \sum_{k=1}^{\infty} a_k f_k \right\|_{(\widetilde{m})} = \sum_{k=1}^{\infty} |a_k|.$$

Define

$$d(w) = \| w - u \|_{(\widetilde{m})}, \qquad w \in F_t^{(W)}.$$

Since $F_t^{(W)}$ is closed, bounded, and convex, and the norm is continuous, d attains its minimum on $F_t^{(W)}$. Let

$$m_0 = \min\{d(w) : w \in F_t^{(W)}\}$$

and set

$$\Lambda = \{w \in F_t^{(W)} : d(w) = m_0\}.$$

Then Λ is a nonempty closed subset of $F_t^{(W)}$. We now analyze the coefficients of minimizers. Fix $w \in \Lambda$ and write $w - u = \sum a_k g_k$ as above. Suppose first that there exists an index $j \geq 2$ with $a_j > 0$ and $a_1 \leq 0$. Consider the vector

$$\widetilde{w} = w + \varepsilon(g_1 - g_j),$$

where $\varepsilon > 0$ is small enough so that all new coefficients remain nonnegative and still sum to 1. The new difference $\widetilde{w} - u = \sum \tilde{a}_k g_k$ has

$$\tilde{a}_1 = a_1 + \varepsilon, \qquad \tilde{a}_j = a_j - \varepsilon,$$

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

and $\tilde{a}k = ak$ for $k \neq 1, j$. Since $a_j > 0$, we can choose $0 < \varepsilon \leq a_j$, so that $\tilde{a}_j \geq 0$. Moreover, the constraint $\sum \tilde{a}_k = 0$ is preserved. We compute

$$\| \tilde{w} - u \|_{(\widetilde{m})} = t|\tilde{a}_1| + |\tilde{a}_j| + \sum_{k\neq 1,j} |a_k|.$$

If $a_1 \leq 0$, then for sufficiently small $\varepsilon > 0$ we have $|\tilde{a}1| = |a1 + \varepsilon| \leq |a_1| + \varepsilon$ and $|\tilde{a}j| = |aj - \varepsilon| = a_j - \varepsilon$. Thus

$$\| \tilde{w} - u \|_{(\widetilde{m})} \leq t(|a_1| + \varepsilon) + (a_j - \varepsilon) + \sum_{k\neq 1,j} |a_k| = \| w - u \|_{(\widetilde{m})} + \varepsilon(t - 1).$$

Since $t \in (0,1)$, we have $t - 1 < 0$, so for every sufficiently small positive ε we obtain $\| \tilde{w} - u \|_{(\widetilde{m})} < \| w - u \|_{(\widetilde{m})}$, contradicting the minimality of w. Hence for every minimizer $w \in \Lambda$ we must have $a_j \leq 0$ whenever $a_1 \leq 0$.

A similar argument shows that if $a_1 < 0$ and $a_j < 0$ for all $j \geq 2$, then we cannot have $\sum_k a_k = 0$. Therefore, for each minimizer $w \in \Lambda$ we must have $a_1 \geq 0$ and $a_k \leq 0$ for all $k \geq 2$, and the condition $\sum a_k = 0$ implies

$$a_1 = \sum_{k=2}^{\infty} (-a_k) =: \xi \geq 0.$$

Substituting this into the expression for the norm we obtain

$$\| w - u \|_{(\widetilde{m})} = t\xi + \sum_{k=2}^{\infty} (-a_k) = t\xi + a_1 = (t + 1)\xi.$$

Thus the minimal value m_0 is of the form $m_0 = (t + 1)\xi_0$ for some $\xi_0 \geq 0$. Moreover, any minimizer lies in the set of points obtained by redistributing negative mass among the coordinates $k \geq 2$ while keeping the total negative mass fixed. This set is contained in a finite-dimensional affine subspace determined by u and finitely many g_k, and it is closed and bounded. Consequently Λ is compact (in fact, it is a compact convex subset of a finite-dimensional simplex).

We now show that Λ is invariant under T. Let $w \in \Lambda$. Then $d(w) = m_0$, and from the representation formula for Q we have

$$Q(w) = Q(u) + \| w - u \|_{(\widetilde{m})} = Q(u) + m_0.$$

On the other hand, using $Q(Tw) \leq Q(w)$ and the representation formula for Tw, we obtain

$$Q(u) + \| Tw - u \|_{(\widetilde{m})} = Q(Tw) \leq Q(w) = Q(u) + m_0,$$

so that $\| Tw - u \|_{(\widetilde{m})} \leq m_0$. By the definition of m_0 as the minimum of d on $F_t^{(W)}$, we must have $\| Tw - u \|_{(\widetilde{m})} \geq m_0$, hence equality holds and $\| Tw - u \|_{(\widetilde{m})} = m_0$. This shows that $Tw \in \Lambda$, so $T(\Lambda) \subset \Lambda$.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

The set Λ is nonempty, compact, and convex, and the restriction $T|\Lambda: \Lambda \to \Lambda$ is nonexpansive, hence continuous. By Schauder's fixed point theorem (Schauder, 1930), $T|\Lambda$ has a fixed point $z \in \Lambda$, that is, $Tz = z$. Thus T has a fixed point in $F_t^{(W)}$, as required.

3.3. Finite Mixed Blocks in W_1^m

We now extend Theorem 3.1 by perturbing finitely many basis vectors. Let $s \in \mathbb{N}$ and let $t_1, \dots, t_s \in (0,1)$ be fixed coefficients. Define

$$g_j = t_j f_j \quad (1 \le j \le s), \qquad g_n = f_n \quad (n \ge s+1).$$

We consider the closed convex hull

$$E_s^{(W)} = \left\{ \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n g_n : \alpha_n \ge 0, \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n = 1 \right\} \subset W_1^m.$$

As before, $E_s^{(W)}$ is a nonempty closed, bounded, convex subset of W_1^m.

Theorem 3.2 (Finite mixed block fixed point property in W_1^m) *Let $s \in \mathbb{N}$ and $t_1, \dots, t_s \in (0,1)$. Then every nonexpansive mapping $T: E_s^{(W)} \to E_s^{(W)}$ has a fixed point. Thus $E_s^{(W)}$ has the fixed point property for nonexpansive mappings.*

Proof. Let $T: E_s^{(W)} \to E_s^{(W)}$ be nonexpansive and let $(u^{(n)})$ be an AFPS for T in $E_s^{(W)}$. Define

$$Q(w) = \limsup_{n\to\infty} \| u^{(n)} - w \|_{(\widetilde{m})}, \qquad w \in E_s^{(W)}.$$

By Lemma 2.3, there exists $u \in E_s^{(W)}$ such that

$$Q(w) = Q(u) + \| w - u \|_{(\widetilde{m})} \qquad \text{for all } w \in E_s^{(W)},$$

and $Q(Tw) \le Q(w)$ for all $w \in E_s^{(W)}$.

Write

$$w = \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n g_n, \qquad u = \sum_{n=1}^{\infty} \gamma_n g_n,$$

with $\alpha_n, \gamma_n \ge 0$ and $\sum \alpha_n = \sum \gamma_n = 1$. Set

$$a_n = \alpha_n - \gamma_n, \qquad n \in \mathbb{N}.$$

Then $\sum_{n=1}^{\infty} a_n = 0$ and

$$w - u = \sum_{n=1}^{\infty} a_n g_n.$$

Using the disjoint supports of (f_n) and the definition of (g_n), we obtain

$$\| w - u \|_{(\widetilde{m})} = \sum_{j=1}^{s} t_j |a_j| + \sum_{n=s+1}^{\infty} |a_n|.$$

Define $d(w) = \| w - u \|_{(\widetilde{m})}$ for $w \in Es^{(W)}$. As before, d attains its minimum on $E_s^{(W)}$; let

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

$$m_0 = \min\{d(w): w \in E_s^{(W)}\}$$

and

$$\Lambda = \{w \in E_s^{(W)}: d(w) = m_0\}.$$

Then Λ is nonempty, closed, and bounded, hence compact, and convex.

We next analyze the coefficients of minimizers. Fix $w \in \Lambda$ and write $w - u = \sum a_n g_n$ as above. Suppose that there exists an index $n \geq s+1$ with $a_n > 0$. Let $j \in \{1, \dots, s\}$ be such that $t_j = \min\{t_1, \dots, t_s\}$. Consider

$$\widetilde{w} = w + \varepsilon(g_j - g_n),$$

with $\varepsilon > 0$ small enough so that the new coefficients remain nonnegative and still sum to 1. Then

$$\tilde{a}_j = a_j + \varepsilon, \qquad \tilde{a}_n = a_n - \varepsilon, \qquad \tilde{a}_k = a_k \text{ for } k \neq j, n.$$

We compute

$$\| \widetilde{w} - u \|_{(\widetilde{m})} = t_j|\tilde{a}_j| + \sum_{\substack{1 \leq k \leq s \\ k \neq j}} t_k|a_k| + |\tilde{a}_n| + \sum_{\substack{k \geq s+1 \\ k \neq n}} |a_k|.$$

If $a_j \geq 0$, then $|\tilde{a}_j| = a_j + \varepsilon$ and $|\tilde{a}_n| = a_n - \varepsilon$. Hence

$$\| \widetilde{w} - u \|_{(\widetilde{m})} = \| w - u \|_{(\widetilde{m})} + \varepsilon(t_j - 1).$$

Since $t_j \in (0,1)$, we have $t_j - 1 < 0$, so for sufficiently small positive ε we obtain $\| \widetilde{w} - u \|_{(\widetilde{m})} < \| w - u \|_{(\widetilde{m})}$, contradicting the minimality of w. If $a_j < 0$, we first transfer a small amount of mass from some index $k \in \{1, \dots, s\}$ with $a_k > 0$ (if it exists) to a_j, without increasing the value of the expression $\sum_{j=1}^{s} t_j|a_j| + \sum_{n \geq s+1} |a_n|$, and then proceed as before. A standard convexity argument on the finite-dimensional simplex of the first *s* coordinates shows that, at a minimizer, all coordinates a_n with $n \geq s+1$ must be nonpositive.

Thus, for each minimizer $w \in \Lambda$ we have $a_n \leq 0$ for $n \geq s+1$, and the condition $\sum a_n = 0$ implies that

$$\sum_{j=1}^{s} a_j = -\sum_{n=s+1}^{\infty} a_n =: \xi \geq 0.$$

Hence, for a minimizer we may write

$$\| w - u \|_{(\widetilde{m})} = \sum_{j=1}^{s} t_j|a_j| + \sum_{n=s+1}^{\infty} (-a_n).$$

The second sum is equal to ξ, so

$$\| w - u \|_{(\widetilde{m})} = \sum_{j=1}^{s} t_j|a_j| + \xi.$$

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Under the constraint $\sum_{j=1}^{s} a_j = \xi$ and $a_n \leq 0$ for $n \geq s+1$, the minimal value is achieved when all positive mass among the first s coordinates is concentrated on the indices j with minimal t_j. Let

$$t_* = \min\{t_1, \dots, t_s\}, \qquad I_* = \{j \in \{1, \dots, s\} : t_j = t_*\}.$$

Then for a minimizer we may assume that $a_j \geq 0$ only for $j \in I_*$, and that the remaining a_j are nonpositive. In particular, the set Λ is contained in the finite-dimensional subspace generated by $\{u\} \cup \{g_j : j \in I_*\}$, hence Λ is a compact convex subset of W_1^m.

We now show that Λ is invariant under T. Let $w \in \Lambda$. Then $d(w) = m_0$, and from the representation formula for Q we obtain

$$Q(w) = Q(u) + \| w - u \|_{(\widetilde{m})} = Q(u) + m_0.$$

On the other hand, using $Q(Tw) \leq Q(w)$ and the representation for Tw we obtain

$$Q(u) + \| Tw - u \|_{(\widetilde{m})} = Q(Tw) \leq Q(w) = Q(u) + m_0,$$

which yields $\| Tw - u \|_{(\widetilde{m})} \leq m_0$. By the definition of m_0 we must have $\| Tw - u \|_{(\widetilde{m})} \geq m_0$, hence $\| Tw - u \|_{(\widetilde{m})} = m_0$ and $Tw \in \Lambda$. Thus $T(\Lambda) \subset \Lambda$.

Since Λ is nonempty, compact, and convex, and $T|\Lambda$ is nonexpansive (hence continuous), Schauder's fixed point theorem (Schauder, 1930) implies the existence of a point $z \in \Lambda$ such that $Tz = z$. Hence T has a fixed point in $E_s^{(W)}$, as claimed.

3.4. Corollaries and a Remark on Infinite Blocks

Theorem 3.2 has several immediate consequences.

Corollary 3.3 (Uniform finite block) *Let $s \in \mathbb{N}$ and $t \in (0,1)$. Define*

$$g_j = t f_j \quad (1 \leq j \leq s), \qquad g_n = f_n \quad (n \geq s+1),$$

and set

$$E_{s,t}^{(W)} = co\{g_n : n \in \mathbb{N}\} \subset W_1^m.$$

Then every nonexpansive mapping $T : E_{s,t}^{(W)} \to E_{s,t}^{(W)}$ has a fixed point.

Proof. This is the special case of Theorem 3.2 in which $t_1 = \cdots = t_s = t$.

Corollary 3.4 (Two-parameter block) *Let $t_1, t_2 \in (0,1)$ and define*

$$g_1 = t_1 f_1, \qquad g_2 = t_2 f_2, \qquad g_n = f_n \quad (n \geq 3),$$

and $E^{(W)} = co\{g_n : n \in \mathbb{N}\}$. Then every nonexpansive mapping $T : E^{(W)} \to E^{(W)}$ has a fixed point.

Proof. Apply Theorem 3.2 with $s = 2$.

Finally, the finiteness of the perturbed block is essential in our construction. If all basis vectors are perturbed by the same coefficient, then the fixed point property fails, as in the classical case of ℓ^1 (Goebel & Kirk, 1990; Everest, 2013).

Remark 3.5 (Infinite constant block and failure of the FPP) *Fix $t \in (0,1)$ and define*

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

$$g_n = tf_n, \qquad n \in \mathbb{N},$$

and

$$F_{\infty,t}^{(W)} = \left\{ \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n g_n : \alpha_n \geq 0, \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n = 1 \right\} \subset W_1^m.$$

Then $F_{\infty,t}^{(W)}$ is a nonempty closed, bounded, convex subset of W_1^m, but it does not have the fixed point property for nonexpansive mappings.

Indeed, using the isometry J_W we obtain

$$J_W(g_n) = te_n, \qquad n \in \mathbb{N},$$

so

$$J_W(F_{\infty,t}^{(W)}) = \left\{ x = (x_n) \in \ell^1 : x_n \geq 0 \ \ \forall n, \sum_{n=1}^{\infty} x_n = t \right\} =: C_t.$$

Thus C_t is the positive part of the sphere of radius t in ℓ^1. The right shift operator $R: \ell^1 \to \ell^1$ defined by

$$R(x)_1 = 0, \qquad R(x)_n + 1 = x_n \quad (n \geq 1),$$

is an isometry, satisfies $R(C_t) \subset C_t$, and has no fixed point in C_t. Consequently C_t fails the fixed point property. Defining

$$T = J_W^{-1} \circ R \circ J_W : F_{\infty,t}^{(W)} \to F_{\infty,t}^{(W)},$$

we obtain a nonexpansive mapping without fixed points on $F_{\infty,t}^{(W)}$, so $F_{\infty,t}^{(W)}$ does not have the fixed point property.

5. CONCLUSION

In this paper we studied the weighted Cesàro–type sequence space

$$W_1^m = \left\{ a = (a_k) : \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\| a_k \|}{k^{m-r} \| v_k \|} < \infty \right\}.$$

which arises naturally from generalized difference structures developed in the works of Ng and Lee (1978), Kızmaz (1981), Orhan (1983), Et and Esi (2000), Çolak (1989), and Et and Işık (2012), and which was first introduced together with a related space U_1^m in the conference papers of Nezir and Güven (2023a, 2023b). Via the canonical isometric isomorphism

$$J_W : W_1^m \to \ell^1, \qquad J_W(a)_k = \frac{a_k}{k^{m-r} \| v_k \|}.$$

the geometric properties of W_1^m parallel those of ℓ^1. In particular, W_1^m is nonreflexive and fails the global fixed point property for nonexpansive mappings (Goebel & Kirk, 1990).

By transporting the Goebel–Kuczumow functional through the isometry J_W, we obtained a representation lemma (Lemma 2.3) describing approximate fixed point sequences in W_1^m. This lemma, combined with a detailed mass–transfer argument on convex combinations of a

normalized basis, allowed us to construct large families of closed, bounded, convex subsets on which every nonexpansive self-mapping has a fixed point. In particular, we showed that finite perturbations of the canonical basis (through coefficients $t_1, \dots, t_s \in (0,1)$) restore the fixed point property on the associated convex hulls $F_t^{(W)}$ and $E_s^{(W)}$, whereas an infinite constant block of perturbations leads to sets without the fixed point property, mirroring the classical situation in ℓ^1 (Everest, 2013; Goebel & Kirk, 1990).

These results illustrate that weighted summability spaces such as W_1^m possess a rich geometric structure in which stability, restoration, and failure of the fixed point property can be characterized precisely by carefully controlled perturbations of the canonical basis. In future work we intend to extend this analysis to more general Köthe sequence spaces, to the related space U_1^m introduced in Nezir and Güven (2023a, 2023b), and to the broader families of spaces studied in Güven (2025), with the goal of obtaining a unified picture of fixed point phenomena in Banach spaces structurally close to ℓ^1 and $L_1[0,1]$.

REFERENCES

[1] Ansari, A. A., & Chaudhry, V. K. (2012). On Köthe–Toeplitz duals of some new and generalized difference sequence spaces. *Italian Journal of Pure and Applied Mathematics, 29*, 135–148.

[2] Bektas, Ç. A., Et, M., & Çolak, R. (2004). Generalized difference sequence spaces and their dual spaces. *Journal of Mathematical Analysis and Applications, 292*(2), 423–432.

[3] Çolak, R. (1989). On some generalized sequence spaces. *Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series A1: Mathematics and Statistics, 38*, 35–46.

[4] Et, M., & Esi, A. (2000). On Köthe–Toeplitz duals of generalized Cesàro difference sequence spaces. *Bulletin of the Malaysian Mathematical Sciences Society, 23*(1), 25–32.

[5] Et, M., & Işık, M. (2012). On $p\alpha$-dual spaces of generalized difference sequence spaces. *Applied Mathematics Letters, 25*(10), 1486–1489.

[6] Everest, T. M. (2013). *Fixed points of nonexpansive maps on closed, bounded, convex sets in* ℓ^1 (Doctoral dissertation). University of Pittsburgh.

[7] Goebel, K., & Kirk, W. A. (1990). *Topics in metric fixed point theory*. Cambridge University Press.

[8] Goebel, K., & Kuczumow, T. (1979). Irregular convex sets with fixed point property for nonexpansive mappings. *Colloquium Mathematicum, 40*(2), 259–264.

[9] Güven, A. (2025). *The fixed point property for Banach spaces alike spaces of*

absolutely summable sequences ℓ^1 *and Lebesgue integrable function spaces* $L_1[0,1]$ (Doctoral dissertation). Kafkas University.

[10] Kızmaz, H. (1981). On certain sequence spaces. *Canadian Mathematical Bulletin, 24*(2), 169–176.

[11] Ng, P.-N., & Lee, P.-Y. (1978). Cesàro sequence spaces of nonabsolute type. *Commentationes Mathematicae, 20*(2), 429–433.

[12] Nezir, V., & Güven, A. (2023a). Coefficient estimates of fixed point property for uniform Lipschitz mappings on large classes in an α-dual of a difference sequence space and in a Banach space related. In *Proceedings of the 5th International Black Sea Modern Scientific Research Congress* (Vol. 1, pp. 943–956).

[13] Nezir, V., & Güven, A. (2023b). Coefficient estimates of fixed point property for uniform Lipschitz mappings on large classes in a Köthe–Toeplitz dual of certain difference sequence space and in another Banach space related. In *Proceedings of the 5th International Black Sea Modern Scientific Research Congress* (Vol. 1, pp. 957–969).

[14] Orhan, C. (1983). Cesàro difference sequence spaces and related matrix transformations. *Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series A1: Mathematics and Statistics, 32*, 55–63.

[15] Schauder, J. (1930). Der Fixpunktsatz in Funktionalräumen. *Studia Mathematica, 2*, 171–180.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

DOĞU AKDENİZ KIYI EKOSİSTEMİNDE KLOROFİL-A DİNAMİKLERİNİN MODIS TERRA VERİLERİ İLE ZAMANSAL ANALİZİ (2002–2022)

Harita Mühendisi Tunahan ERDEM

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, tunahan_erdem@mail.ohu.edu.tr- 0009-0000-9883-0894

Dr. Öğr. Üyesi Münevver Gizem GÜMÜŞ

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, gizemkisaaga@ohu.edu.tr - 0000-0003-4606-2277

ÖZET

Bu çalışma, Doğu Akdeniz'in kıyı şeridinde yüzey klorofil-a (Chl-a) dağılımının 2002, 2012 ve 2022 yılları arasındaki değişimini MODIS Terra L3SMI verileri kullanarak incelemektedir. Google Earth Engine ortamında üretilen yıllık ortalama Chl-a haritaları, üç dönemin karşılaştırılması amacıyla nicel olarak değerlendirilmiştir. 2002 yılı, çalışma alanında düşük–orta düzeyde Chl-a yoğunluklarının baskın olduğu bir dönem olarak görünürken; 2012 yılı özellikle kıyısal bant boyunca belirgin yoğunlaşmanın gözlendiği ve üç yıl içinde en yüksek Chl-a seviyelerinin kaydedildiği dönem olmuştur. 2022 yılında ise Chl-a dağılımının daha sınırlı bir mekânsal yayılım sergilediği ve maksimum değerlerin önceki yıllara göre belirgin biçimde azaldığı anlaşılmaktadır. Bu karşılaştırma, 2012 yılının göreli olarak daha yüksek üretkenlik koşullarını temsil ettiğini; 2022'nin ise özellikle maksimum seviyelerde belirgin bir zayıflama eğilimi taşıdığını göstermektedir. Fark rasterları değişimin mekânsal örüntüsünü nicel olarak ortaya koymaktadır. 2012–2002 fark haritasında Chl-a değişimi –3.656 ile +2.282 mg/m³ arasında olup ortalama fark –0.017 mg/m³'tür. 2022–2002 fark haritasında ise değişim –4.714 ile +1.245 mg/m³ arasında ve ortalama fark 0.0096 mg/m³'tür. Bu sonuçlar, yıllar arasında yerel artış ve azalışların meydana geldiğini, ancak genel eğilimin maksimum değerlerdeki belirgin dalgalanmalar üzerinden şekillendiğini göstermektedir. Çalışma, MODIS verilerinin uzun dönemli kıyı ekosistemi değişimlerinin izlenmesi için güçlü ve uygun bir veri kaynağı olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler : Chl-a, Doğu Akdeniz, Google Earth Engine, MODIS Terra, Uzaktan Algılama

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

TEMPORAL ANALYSIS OF CHLOROPHYLL-A DYNAMICS IN THE EASTERN MEDITERRANEAN COASTAL ECOSYSTEM USING MODIS TERRA DATA (2002–2022)

Geomatics Engineer Tunahan ERDEM

Niğde Ömer Halisdemir University, tunahan_erdem@mail.ohu.edu.tr- 0009-0000-9883-0894

Asst. Prof. Münevver Gizem GÜMÜŞ

Niğde Ömer Halisdemir University, gizemkisaaga@ohu.edu.tr - 0000-0003-4606-2277

ABSTRACT

This study examines the changes in surface chlorophyll-a (Chl-a) distribution along the coastal zone of the Eastern Mediterranean between the years 2002, 2012 and 2022 using MODIS Terra L3SMI data. The annual mean Chl-a maps produced in the Google Earth Engine environment were quantitatively evaluated to compare the three periods. The year 2002 appears as a period in which low to moderate Chl-a concentrations were dominant across the study area, whereas 2012 is characterized by a pronounced intensification along the coastal band and represents the period with the highest Chl-a levels among the three years. In 2022, the spatial extent of Chl-a appears more limited, and maximum values show a marked decrease compared to previous years. This comparison indicates that 2012 represents relatively higher productivity conditions, while 2022 exhibits a distinct weakening trend, particularly evident in the maximum concentrations. The difference rasters quantitatively reveal the spatial pattern of change. In the 2012–2002 difference map, Chl-a values range between –3.656 and +2.282 mg/m³, with a mean difference of –0.017 mg/m³. In the 2022–2002 difference map, the change ranges from –4.714 to +1.245 mg/m³, with a mean difference of 0.0096 mg/m³. These findings demonstrate the presence of localized increases and decreases between the years, and indicate that the overall trend is shaped by notable fluctuations in maximum values. The study highlights the capability of MODIS data as a robust and suitable resource for monitoring long-term changes in coastal ecosystems.

Keywords : Chl-a, Eastern Mediterranean, Google Earth Engine, MODIS Terra, Remote Sensing

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

1. GİRİŞ

Klorofil-a (Chl-a), fitoplankton biyokütlesinin ve birincil üretimin en yaygın kullanılan göstergelerinden biridir ve deniz ekosistemlerindeki trofik durumun değerlendirilmesinde temel bir parametre olarak kabul edilmektedir [1,2]. Özellikle kıyı bölgelerinde Chl-a dağılımının zamansal ve mekânsal değişimi; karasal girdiler, akıntı sistemleri, besin tuzu taşınımı, iklimsel değişkenlik ve antropojenik baskılar gibi çok yönlü etmenlerden etkilenmektedir [3]. Bu nedenle Chl-a dinamiklerinin uzun dönemli izlenmesi, kıyı ekosistemlerinin ekolojik durumunun belirlenmesi, çevresel değişimlerin ortaya konulması ve sürdürülebilir kıyı yönetimi açısından kritik öneme sahiptir [4].

Doğu Akdeniz, oligotrofik karakteri, düşük besin tuzu konsantrasyonları, yüksek ışık geçirgenliği ve hidroklimatik değişkenlikleri nedeniyle fitoplankton üretkenliğinin sınırlı olduğu bir bölge olarak bilinmektedir. Ancak kıyı kesimleri, nehir girdileri, kıyı akıntıları ve insan faaliyetlerinin etkisiyle açık denize kıyasla daha yüksek ve değişken Chl-a seviyeleri gösterebilmektedir. Bu durum, kıyısal Chl-a dağılımının ayrıntılı bir şekilde izlenmesini gerekli kılmaktadır [5].

Uydu tabanlı okyanus rengi sensörleri, geniş alanları yüksek zamansal tekrarlılıkla ölçebilme yetenekleri sayesinde deniz yüzeyi Chl-a değişimlerinin izlenmesinde önemli bir avantaj sunmaktadır. MODIS Terra sensörü, günlük ve aylık kompozit ürünleri aracılığıyla özellikle uzun dönemli eğilimlerin ve anomalilerin belirlenmesine olanak sağlayan güçlü bir veri kaynağıdır. Son yıllarda bulut tabanlı hesaplama platformları olan Google Earth Engine (GEE), MODIS, Sentinel gibi geniş hacimli uydu verilerinin hızlı işlenmesi ve çok yıllı analizlerin gerçekleştirilmesi için etkin bir altyapı sunmaktadır [6,7,8,9].

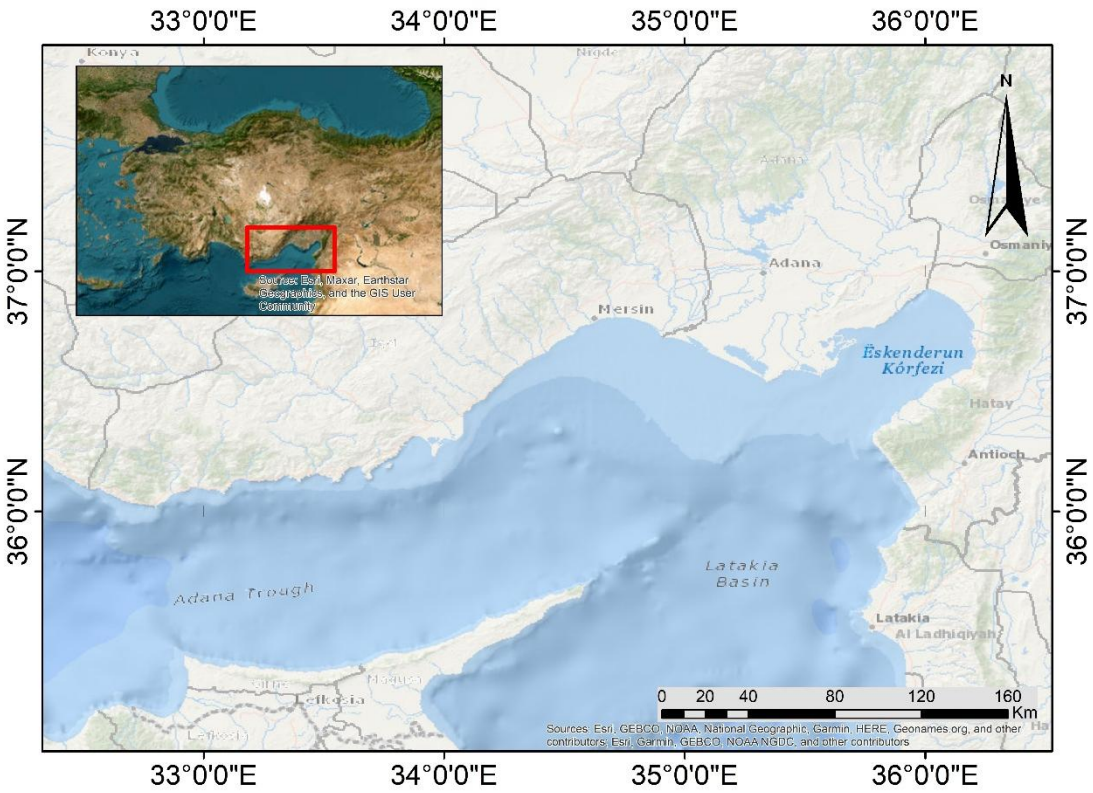
Bu çalışma, Doğu Akdeniz'in Türkiye kıyı şeridinde Chl-a dağılımının 2002, 2012 ve 2022 yılları arasındaki değişimini MODIS Terra L3SMI verileri kullanarak ortaya koymayı amaçlamaktadır. Yıllık ortalama haritalar ve fark görüntüleri üzerinden yapılan karşılaştırmalar, çalışma dönemindeki mekânsal değişimi nicel olarak değerlendirmekte; farklı dönemlerdeki üretkenlik değişimlerini ortaya koymaktadır. Böylece Doğu Akdeniz kıyı ekosisteminin uzun dönemli Chl-a dinamiklerinin daha iyi anlaşılmasına katkı sağlanmaktadır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı, Türkiye'nin Doğu Akdeniz (Mersin, Adana ve Antakya ili) kıyı şeridini kapsamakta olup kıyıdan açık denize uzanan geniş bir yüzey su kütlesini içermektedir (Görsel 1). Bölgenin hidrolojik ve oşinografik özellikleri, özellikle mevsimsel akıntı sistemleri ve kıyısal girdiler nedeniyle mekânsal olarak değişkenlik göstermektedir [5]. Bu alan, MODIS uydu verilerinin mekânsal çözünürlüğü ile uyumlu şekilde çok yıllı Chl-a dinamiklerinin değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4



Görsel 1. Çalışma alanı

2.2. Kullanılan Veri Seti

Çalışmada, NASA tarafından sağlanan MODIS Terra Ocean Color Level-3 Standard Mapped Image (L3SMI) ürünleri kullanılmıştır [10]. MODIS-Terra aracı, her 1–2 günde tüm yeryüzünü gözlemleyebilen geniş kapsama alanı ve 36 bantlı spektral yapısı ile uydu veri arşivleri arasında yer alır. Veri seti, günlük ölçümlerden oluşturulan aylık ve yıllık kompozitlerden türetilmiş olup chlor_a (klorofil-a konsantrasyonu, mg/m³), nflh (normalleştirilmiş floresan çizgi yüksekliği), poc (partikül organik karbon), sst (deniz yüzeyi sıcaklığı) ve uzaktan algılama yansıması (Rrs) gibi temel okyanus rengi parametrelerini içermektedir. Bu çalışmada analizler chlor_a bandı üzerinden gerçekleştirilmiştir. MODIS L3SMI ürününün mekânsal çözünürlüğü nominal olarak 4 km olup, uzun dönemli bölgesel eğilimlerin izlenmesi açısından uygundur.

2.3. Google Earth Engine (GEE) Ortamında Veri İşleme

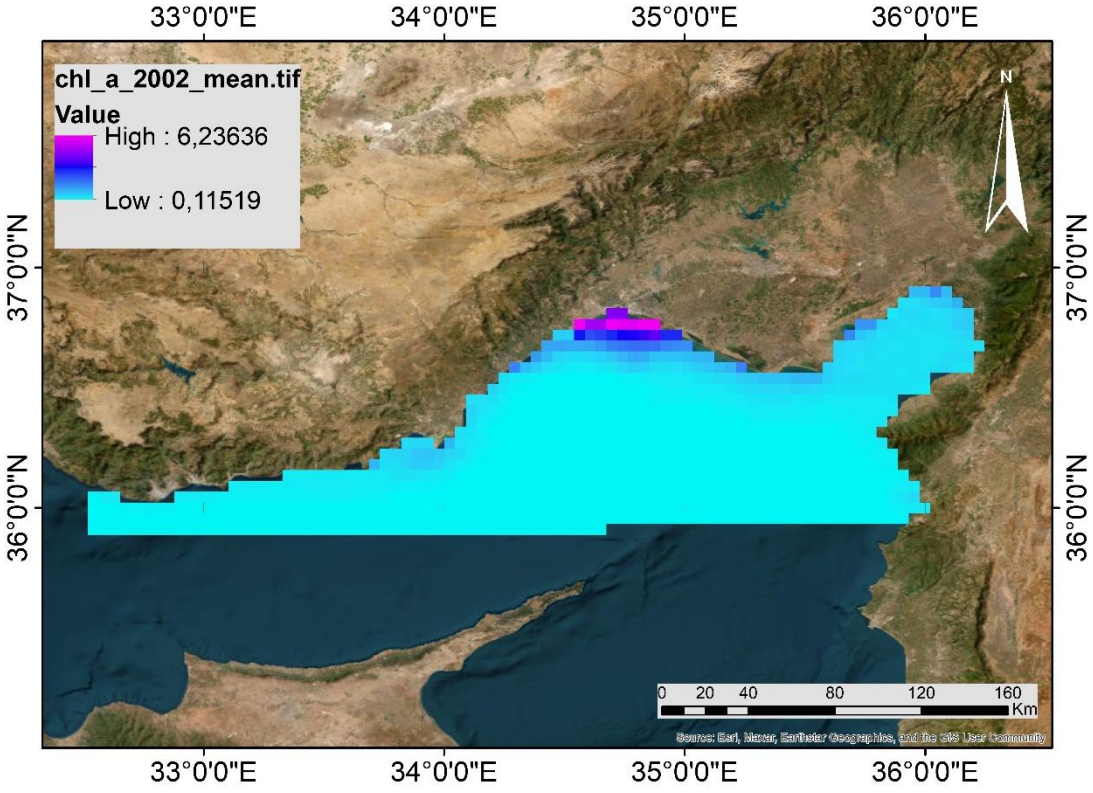
Uydu verilerinin işlenmesi, analiz edilmesi ve çıktıların üretilmesi Google Earth Engine (GEE) platformunda gerçekleştirilmiştir [11]. Öncelikle çalışma alanını temsil eden çokgen geometri tanımlanmış, ardından MODIS L3SMI koleksiyonu ("NASA/OCEANDATA/MODIS-Terra/L3SMI") belirtilen bu bölge için filtrelenmiştir. Yıllık ortalama Chl-a hesaplaması için her yılın 1 Ocak–31 Aralık tarihleri arasındaki görüntüler seçilmiş ve mean() fonksiyonu kullanılarak yıllık kompozitler oluşturulmuştur. Çalışmada üç zaman dilimi (2002,2012,2022) için yıllık ortalama Chl-a rasterları elde edilmiştir. Bu yıllara ilişkin Chl-a bantları daha sonra addBands() fonksiyonu ile istiflenmiş ve zamansal karşılaştırma amacıyla birlikte değerlendirilmiştir. Zaman serisi analizi için, tüm dönem boyunca aylık ortalama Chl-a değerleri oluşturularak uzun dönem değişimlerinin izlenmesi amaçlandı. Zamansal değişimin

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

mekânsal yapısını değerlendirmek amacıyla 2002 referans alınarak iki fark rasterı üretildi: 2012–2002 ve 2022–2002. Bu rasterlar, kolondaki piksel bazındaki Chl-a değişimlerini nicel olarak ortaya koymaktadır.

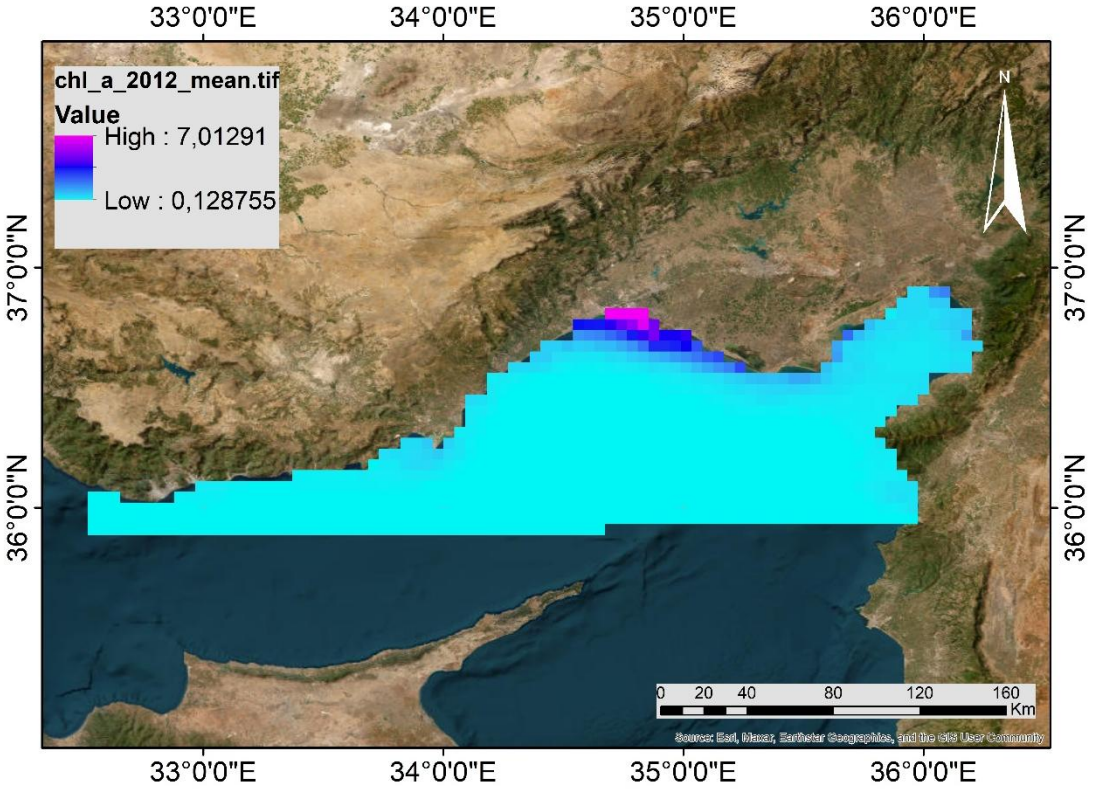
3. BULGULAR

MODIS Terra L3SMI verilerinden elde edilen yıllık ortalama Chl-a rasterları ve fark görüntüleri, Doğu Akdeniz kıyı şeridindeki üretkenlik değişimlerinin zamansal ve mekânsal örüntülerini açık biçimde ortaya koymaktadır. 2002 yılına ait yıllık ortalama Chl-a haritası (Görsel 2), çalışma alanında genel olarak düşük–orta düzeyde konsantrasyonların hâkim olduğunu göstermektedir. Bu yılda Chl-a değerleri 0.115–6.236 mg/m³ aralığında olup ortalama 0.339 mg/m³ olarak hesaplanmıştır. 2012 yılı haritası (Görsel 3), kıyısal bölgelerde belirgin yoğunlaşma alanlarının oluştuğunu ve üç dönem içinde en yüksek maksimum değerin bu yılda kaydedildiğini göstermektedir. Maksimum Chl-a 7.013 mg/m³'e ulaşmış, ortalama ise 0.341 mg/m³ olarak gerçekleşmiştir. 2022 yılına ait raster (Görsel 4), yüksek değerli bölgelerin hem mekânsal kapsam hem de yoğunluk bakımından zayıfladığını, maksimum Chl-a'nın 3.791 mg/m³ seviyesine kadar düştüğünü ortaya koymaktadır. Yıllık ortalama ise 0.346 mg/m³ olup, yüksek üretkenlik alanlarının önceki yıllara göre belirgin biçimde daraldığı görülmektedir.

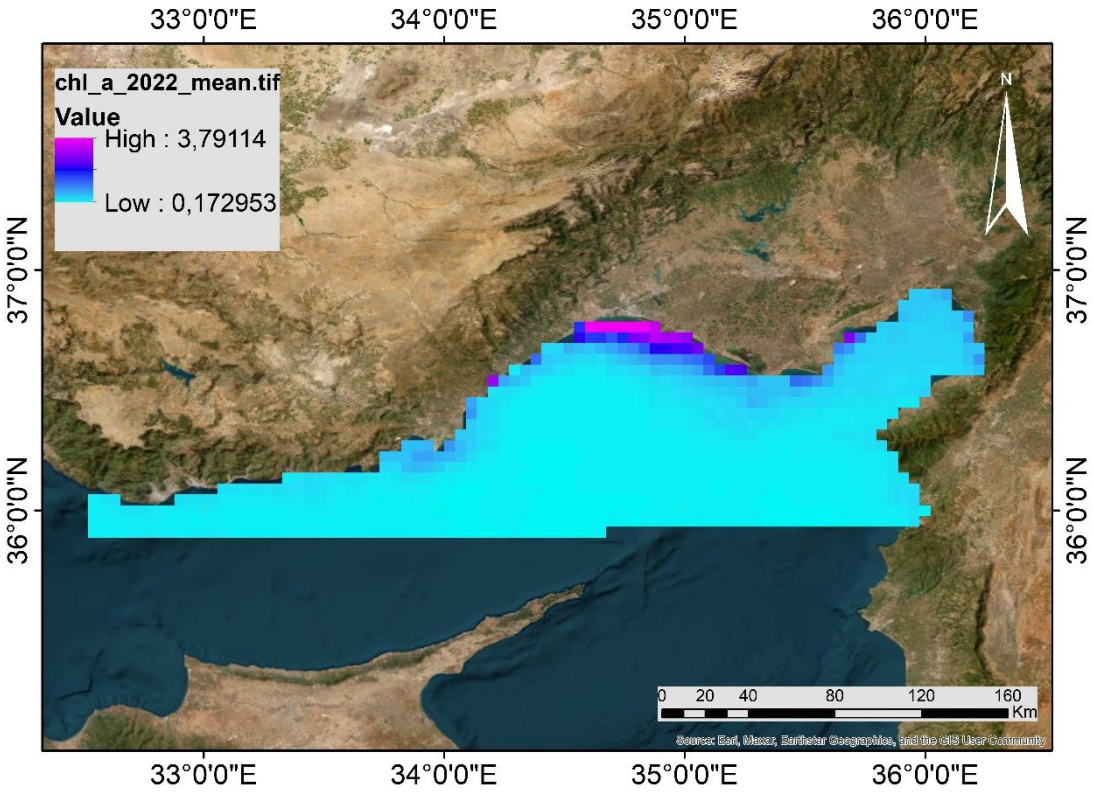


Görsel 2. 2002 yılı yıllık ortalama klorofil-a (Chl-a) dağılım haritası

ISBN NR: 978-625-5694-58-4



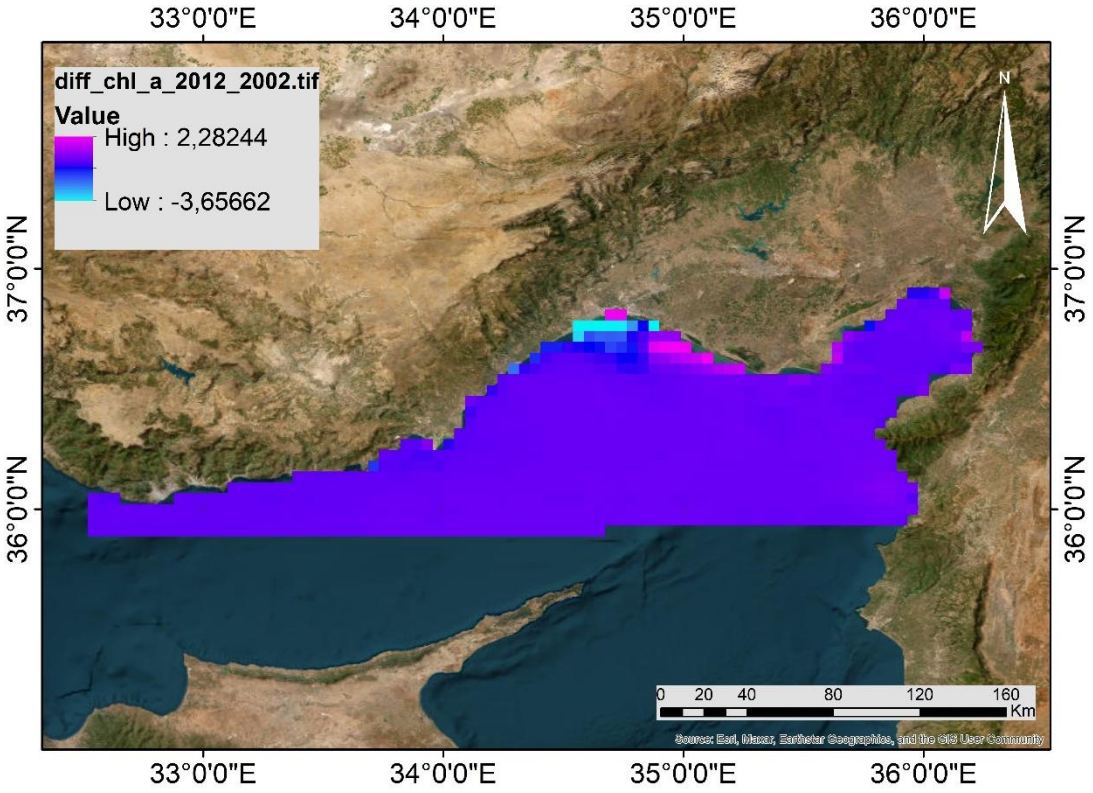
Görsel 3. 2012 yılı yıllık ortalama klorofil-a (Chl-a) dağılım haritası



Görsel 4. 2022 yılı yıllık ortalama klorofil-a (Chl-a) dağılım haritası

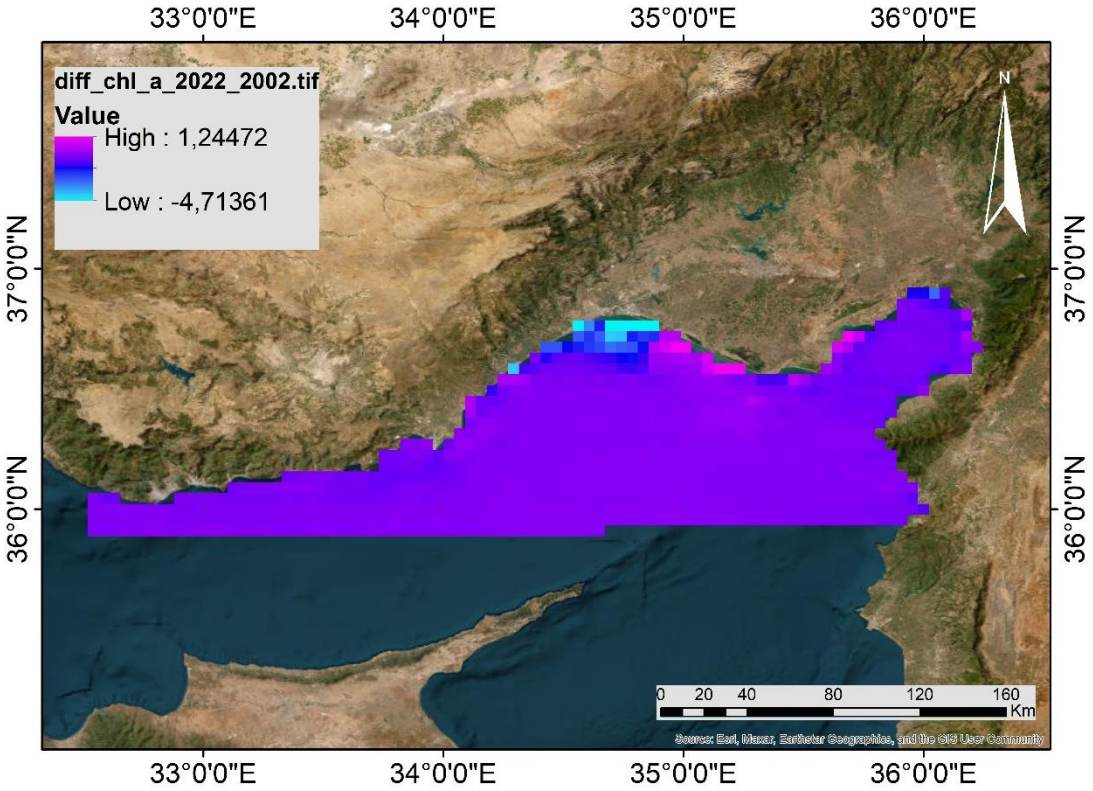
ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Zamansal değişimin nicel olarak değerlendirilmesi amacıyla oluşturulan fark rasterları da bu eğilimleri desteklemektedir. 2012–2002 fark haritası (Görsel 5), Chl-a değişimlerinin –3.656 ile +2.282 mg/m³ arasında dağıldığını ve kıyı boyunca bazı bölgelerde anlamlı artışların oluştuğunu göstermektedir. Ortalama fark –0.017 mg/m³ olup, belirgin artışların yalnızca lokal alanlarla sınırlı olduğunu işaret etmektedir. 2022–2002 fark haritası (Görsel 6), değişimin –4.714 ile +1.245 mg/m³ arasında gerçekleştiğini ve özellikle maksimum değerlerin bulunduğu alanlarda güçlü azalışların gözlendiğini göstermektedir. Ortalama fark 0.0096 mg/m³ olup, 2022 yılındaki üretkenlik zayıflamasının mekânsal olarak tutarlı bir biçimde farklılaşmış olduğu anlaşılmaktadır.



Görsel 5. 2012–2002 Chl-a fark haritası (ΔChl-a)

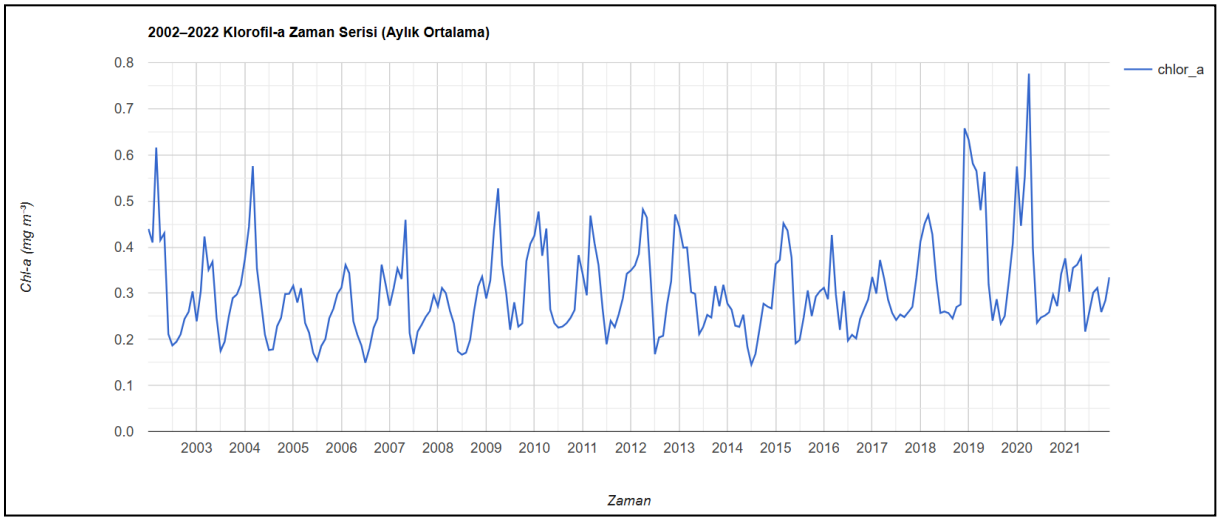
ISBN NR: 978-625-5694-58-4



Görsel 6. 2022–2002 Chl-a fark haritası (ΔChl-a)

Çalışmanın 2002–2022 dönemini kapsayan aylık ortalama Chl-a zaman serisi (Görsel 7), çalışmaların uzun dönemli dinamiklerini destekleyen önemli bir veri kümesi sunmaktadır. Zaman serisi, Chl-a değerlerinin 0.15–0.70 mg/m³ aralığında dalgalandığını ve dönem boyunca hem kısa süreli tepe değerlerinin hem de zamana bağlı düzensiz artış–azalış döngülerinin belirgin olduğunu göstermektedir. 2002–2005 yılları arasında daha güçlü maksimum değerler görülürken, 2012 sonrası dönem daha dengeli fakat yine yer yer ani yükselişlerin olduğu bir yapı sergilemektedir. 2018–2021 yılları arasında, özellikle 0.6 mg/m³ üzerindeki kısa süreli atımlar, bölgenin biyofiziksel süreçlere duyarlılığını işaret etmektedir. Zaman serisinin genel eğrisi, uzun vadeli doğrusal bir artış ya da azalış eğilimi olmadığını; bunun yerine maksimum değerlerin şiddet ve zamanlamasında belirgin bir düzensizlik bulunduğunu göstermektedir.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4



Görsel 7. 2002–2022 dönemi aylık ortalama klorofil-a zaman serisi (MODIS Terra L3SMI)

Genel olarak bulgular, 2012 yılının üç dönem içinde en yüksek üretkenlik seviyelerine sahip olduğunu; 2022 yılının ise hem maksimum değerlerde hem de mekânsal yoğunlukta belirgin bir gerilemeye işaret ettiğini ortaya koymaktadır. Fark rasterları bu değişimin hem artış hem de azalış yönünde lokal fakat belirgin mekânsal örüntüler içerdiğini; zaman serisi ise uzun dönemli üretkenlik dinamiklerinin düzensiz bir yapı sergilediğini göstermektedir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışma, MODIS Terra L3SMI verileri kullanılarak Doğu Akdeniz'in Türkiye kıyı şeridinde yüzey klorofil-a (Chl-a) dağılımının 2002, 2012 ve 2022 yılları arasındaki değişimini ortaya koymuştur. Yıllık ortalama Chl-a haritaları, çalışma alanında üretkenliğin dönemsel olarak belirgin şekilde değiştiğini göstermektedir. 2012 yılı, hem kıyı boyunca genişleyen yüksek Chl-a alanları hem de çalışma döneminin en yüksek maksimum değerleriyle öne çıkarken; 2022 yılı, özellikle maksimum seviyelerdeki belirgin düşüş ve daralan yoğunluk alanlarıyla daha zayıf üretkenlik koşullarını temsil etmektedir. Fark rasterları, bölgedeki değişimin mekânsal olarak homojen olmadığını ve hem artış hem de azalış yönünde lokal anomalilerin bulunduğunu doğrulamaktadır. Aylık zaman serisi ise üretkenliğin doğrusal bir eğilim göstermediğini, bunun yerine kısa süreli tepe değerleri ve düzensiz dalgalanmalarla şekillenen karmaşık bir dinamik sunduğunu ortaya koymaktadır.

MODIS Terra verileri, geniş alanları uzun dönem boyunca izleme açısından önemli avantajlar sağlamakla birlikte, yaklaşık 4 km mekânsal çözünürlüğe sahiptir. Bu çözünürlük özellikle kıyı şeritleri, koylar, nehir ağızları ve insan etkisinin yoğun olduğu bölgelerde küçük ölçekli değişimlerin detaylı biçimde yakalanmasını sınırlayabilmektedir. Bu nedenle, çalışma alanındaki daha küçük ölçekli üretkenlik yapılarının ve lokal su kalitesi değişimlerinin daha doğru belirlenebilmesi için gelecekte Sentinel-2 MSI (10–20 m) gibi daha yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu verilerinin kullanılması önerilmektedir. Bu tür veri setleri, kıyısal su kütlelerinde alg patlamaları, bulanıklık artışları, lokal besin girdileri gibi süreçlerin daha ayrıntılı ve güvenilir biçimde izlenmesine olanak sağlayacaktır.

Klorofil-a, fitoplankton biyokütlesinin temel göstergesi olup su kolonundaki trofik durumun değerlendirilmesinde kritik rol oynamaktadır [8]. Bu nedenle Chl-a dağılımındaki değişimler, doğrudan bölgesel su kalitesine, besin tuzu dinamiklerine ve ekosistem sağlığına dair önemli bilgiler sunmaktadır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, Doğu Akdeniz kıyı ekosisteminde üretkenliğin hem zaman hem de mekâna bağlı olarak değişkenlik gösterdiğini ve özellikle maksimum Chl-a değerlerinin ekosistemin trofik yanıtını değerlendirmede önemli bir gösterge olduğunu ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, MODIS tabanlı analizler bölgesel üretkenlik değişimlerinin uzun dönemli izlenmesi açısından güçlü bir temel sunmakta; ancak daha yüksek çözünürlüklü uydu verileriyle desteklenecek gelecekteki çalışmalar, kıyısal su kalitesi süreçlerinin daha ayrıntılı ve çok ölçekli değerlendirilmesine önemli katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

[1] Kwong, I. H., Wong, F. K. ve Fung, T., Automatic Mapping and Monitoring of Marine Water Quality Parameters in Hong Kong Using Sentinel-2 Image Time-Series and Google Earth Engine Cloud Computing, *Frontiers in Marine Science*, 9, 871470, 2022.

[2] Sherjah, P. Y., Sajikumar, N. ve Nowshaja, P. T., Quality Monitoring of Inland Water Bodies Using Google Earth Engine, *Journal of Hydroinformatics*, 25(2), 432–450, 2023.

[3] Guieu, C., Aumont, O., Paytan, A., Bopp, L., Law, C. S., Mahowald, N., ... Völker, C., The Significance of the Episodic Nature of Atmospheric Deposition to Low Nutrient Low Chlorophyll Regions, *Global Biogeochemical Cycles*, 28(11), 1179–1198, 2014.

[4] Kislik, C., Dronova, I., Grantham, T. E. ve Kelly, M., Mapping Algal Bloom Dynamics in Small Reservoirs Using Sentinel-2 Imagery in Google Earth Engine, *Ecological Indicators*, 140, 109041, 2022.

[5] Krom, M. D., Kress, N., Brenner, S. ve Gordon, L. I., Phosphorus Limitation of Primary Productivity in the Eastern Mediterranean Sea, *Limnology and Oceanography*, 36(3), 424–432, 1991.

[6] Wang, L., Xu, M., Liu, Y., Liu, H., Beck, R., Reif, M., ... Wu, Q., Mapping Freshwater Chlorophyll-a Concentrations at a Regional Scale Integrating Multi-Sensor Satellite Observations with Google Earth Engine, *Remote Sensing*, 12(20), 3278, 2020.

[7] Karakoç, O. ve Buğdaycı, İ., Spatial modeling of chlorophyll-a parameter by Landsat-8 satellite data and deep learning techniques: The case of Lake Mogan, *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 14(2), 615–629, 2025.

[8] Katlane, R., El Kilani, B., Dhaoui, O., Kateb, F. ve Chehata, N., Monitoring of Sea Surface Temperature, Chlorophyll, and Turbidity in Tunisian Waters from 2005 to 2020 Using MODIS Imagery and the Google Earth Engine, *Regional Studies in Marine Science*, 66, 103143, 2023.

[9] Zhao, D., Huang, J., Li, Z., Yu, G. ve Shen, H., Dynamic Monitoring and Analysis of Chlorophyll-a Concentrations in Global Lakes Using Sentinel-2 Images in Google Earth Engine, *Science of The Total Environment*, 912, 169152, 2024.

[10] NASA Ocean Color MODIS-Terra L3SMI Veri Seti, https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/NASA_OCEAN_DATA_MODIS-Terra_L3SMI (Erişim tarihi: 01.11.2025).

[11] Google Earth Engine Platformu, https://code.earthengine.google.com/ (Erişim tarihi: 01.11.2025).

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ENDÜSTRİYEL İŞ KOLLARINDA KARPAL TÜNEL SENDROMU VE MESLEKİ ANALİZİ

Zeynep BAŞAR[1]

[1]İstanbul Medeniyet Üniversitesi, zbasar@sgk.gov.tr -0000-0001-9577-0961

Prof.Dr.Mithat ZEYDAN[2]

[2]İstanbul Medeniyet Üniversitesi, mithat.zeydan@medeniyet.edu.tr- 0000-0001-9459-146X

ÖZET

Karpal tünel sendromu (KTS), median sinirin el bileğinde karpal tünel içinde kronik olarak basıya uğraması sonucunda gelişen, ağrı, parestezi, uyuşma ve güçsüzlük ile seyreden bir tuzak nöropatidir. Klinik olarak elin radial 3–3,5 parmağında uyuşma ve özellikle gece artan yakınmaları tipik olan, ileri olgularda kalıcı duyu–motor kaybı görülebilen ve iş göremezlik açısından önemli bir halk sağlığı sorunu olarak kabul edilmektedir. Bu çalışmada veriler Sosyal Güvenlik Kurumu'ndan resmi olarak temin edilmiş olup 2018-2022 yılları arasında çeşitli sektörlerde çalışan karpal tünel sendromu meslek hastalığı bildirimi olan 228 kişiden oluşmaktadır. Çalışmanın amacı, KTS tanılı olgularda iş geçmişi ve demografik verilerle tanımlayıcı istatistiki yöntemleri kullanarak meslek hastalığına etki eden faktörleri ortaya çıkarmak ve proaktif önlemlerin belirlenmesini sağlamaktır. Analizler KTS tanılı bireylerde iş yaşamına genç yaşta başlanmasının ve zaman içinde artan tehlikeli sınıfta çalışma süresinin önemli olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak tekrarlayıcı ve kuvvetli el kullanımı ile uyumlu olarak, özellikle tehlikeli ve çok tehlikeli gruba ait işlerde çalışan bireylerin KTS açısından düzenli tarama programları ile izlenmesi, işyeri ergonomisinin iyileştirilmesi, iş organizasyonunun düzenlenmesi ve risk altındaki çalışanların eğitimi stratejilerinin bütüncül biçimde uygulanması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler:
Karpal tünel sendromu, tehlike sınıfı, işyeri ergonomisi, proaktif önlemler.

CARPAL TUNNEL SYNDROME AND OCCUPATIONAL ANALYSIS IN INDUSTRIAL BUSINESS LINES

ABSTRACT

Carpal tunnel syndrome (CTS) is an entrapment neuropathy that develops as a result of chronic compression of the median nerve within the carpal tunnel at the wrist and is characterized by pain, paresthesia, numbness, and weakness. Clinically, numbness in the radial 3–3.5 fingers of the hand and complaints that worsen particularly at night are typical; in advanced cases, permanent sensory–motor loss may occur, and CTS is regarded as a major public health problem in terms of work disability. In this study, data were officially obtained from the Social Security Institution and comprised 228 individuals working in various sectors who were reported as having occupational carpal tunnel syndrome between 2018 and 2022. The aim of the study is to identify factors influencing the development of this occupational disease in cases diagnosed with CTS by applying descriptive statistical methods to work history and

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

demographic data, and to support the determination of proactive preventive measures. The analyses indicated that early entry into working life and increasing duration of employment over time in hazardous classes of work were important among individuals with CTS. In line with the role of repetitive and forceful hand use, it is recommended that workers employed particularly in hazardous and very hazardous occupations be monitored through regular CTS screening programs and that strategies such as improving workplace ergonomics, reorganizing work processes, and educating employees at risk be implemented in an integrated manner.

Keywords: Carpal tunnel syndrome; hazard class; workplace ergonomics; proactive measures.

1. GİRİŞ

Karpal tünel sendromu (KTS), median sinirin el bileğinde karpal tünel içinde kronik olarak basıya uğraması sonucunda gelişen, ağrı, parestezi, uyuşma ve güçsüzlük ile seyreden bir tuzak nöropatidir. Klinik olarak elin radial 3–3,5 parmağında uyuşma ve özellikle gece artan yakınmalar tipiktir. (Aboonq, 2015). Genel popülasyonda yapılan çalışmalarda, KTS prevalansı %2–4 civarında bildirilmiştir. Örneğin İsveç'te yapılan toplum tabanlı bir çalışmada KTS prevalansı %2,7 olarak rapor edilmiştir (Atroshi et al., 1999). Hollanda'da yapılan bir çalışmada kadınlarda saptanmamış KTS prevalansı %5,8, erkeklerde ise %0,6 olarak bulunmuştur (de Krom et al., 1992). Çalışanlarda ise KTS sıklığı daha yüksektir. Sistematik derlemeler ve meta-analizler de belirli işlerde KTS insidansının genel popülasyona nispeten birkaç kat artabildiğini ortaya koymuştur (Kozak et al., 2015; Dale et al., 2013). KTS'ye bağlı medikal doğrudan maliyetlerin ABD'de yılda yaklaşık 2 milyar dolar olduğu, iş gücü kaybı ve tazminat giderleri eklendiğinde toplam yükün bunun çok üzerinde olduğu bildirilmiştir (Jackson et al., 2018). Bu verilerden çıkarılan sonuç KTS'nin hem klinik hem de halk sağlığı açısından önemini ve işle ilişkili risk faktörlerinin anlaşılmasının gerekliliğini göstermektedir. İşle ilişkili KTS'nin çok faktörlü bir nedenler kümesine sahip olduğunu, biyomekanik, bireysel, psikososyal ve organizasyonel etmenlerin birlikte rol oynadığını vurgulamaktadır (Rotaru-Zavaleanu et al., 2024). Tanı kriterlerindeki farklılıklar nedeniyle prevalans tahminleri değişmekle birlikte, genel olarak KTS sıklığı kadınlarda erkeklere göre 3–5 kat daha yüksektir (Kozak et al., 2015; Ibrahim et al., 2012). Çalışan nüfus içinde özellikle manuel iş gücü gerektiren sektörlerde KTS insidansının belirgin şekilde arttığı gözlenmiştir. ABD işçi popülasyonunda KTS insidansı 100 kişi-yıl başına yaklaşık 2,3 olgu olarak bulunmuştur (Dale et al., 2013). 2007–2014 yılları arasında Kaliforniya işçi tazminat kayıtlarında 139.336 KTS olgusu saptanmış, toplam insidans 10.000 tam zamanlı çalışan başına 6,3 olgu olarak tespit edilmiştir. Kadınlarda oran erkeklere göre 3,3 kat daha yüksektir (Jackson et al., 2018). En yüksek insidans oranları tekstil ve konfeksiyon imalatı, hayvan kesimi ve işleme, kamu yönetimi, gıda ürünleri üretimi ve elektronik montaj gibi sektörlerde gözlendiği bildirilmiştir (Jackson et al., 2018; Kozak et al., 2015). Bu bulgular, işle ilişkili biyomekanik faktörlerin, yüksek el gücü, tekrarlayıcı hareketler, zorlayıcı bilek postürü, vibrasyon gibi KTS gelişiminde önemli rol oynadığını ve bazı sektörlerin hedeflenmiş koruyucu programlara özellikle ihtiyaç duyduğunu göstermektedir. KTS, karpal tünel içinde median sinirin maruz kaldığı kronik basınç artışı ve buna bağlı gelişen mikrovasküler, inflamatuvar ve yapısal değişikliklerle açıklanmaktadır (Aboonq, 2015; Rotaru-Zavaleanu et al., 2024). İşle ilişkili tekrarlayıcı hareketler ve zorlayıcı kavrama aktiviteleri, bu patofizyolojik süreci hızlandıran ve sürdüren mekanik stresörler olarak

düşünülmektedir. Özellikle yüksek el gücü gerektiren ve bileğin normal pozisyondan sapma gösterdiği görevler, median sinir üzerine direkt bası ve gerilmeyi artırarak intranöral dolaşımı bozabilmektedir (Silverstein et al., 1987; Harris-Adamson et al., 2013; Kozak et al., 2015). Silverstein ve arkadaşlarının yaptığı (1987) çalışmada, el gücü ve tekrar eden görevleri içeren işlerde KTS'nin anlamlı biçimde arttığını ve prevalansın en yüksek seviyeye çıktığını göstermişlerdir (Silverstein et al., 1987). Elektronik montaj işçileri üzerinde yapılan bir risk değerlendirme çalışmasında, tekrarlayıcı el bilek hareketleri ve yüksek kavrama gücü gerektiren iş istasyonlarında KTS oranlarının belirgin şekilde arttığı, ergonomik düzenlemeler ve alet tasarımındaki değişikliklerle riskin azaltılabildiği bildirilmiştir (Feldman et al., 1987). İleri dönem çalışmalarda, el aktivite düzeyi (Hand Activity Level, HAL) ve Strain Index gibi kantitatif ergonomik ölçeklerin kullanıldığı prospektif kohortlarda, HAL ve el gücü skorları arttıkça KTS insidansının doza yanıt ilişkisi içinde yükseldiği gösterilmiştir (Garg et al., 2012; Bonfiglioli et al., 2013; Kozak et al., 2015). Fan ve arkadaşlarının (2015) çalışmasında, kişisel faktörlere yaş, cinsiyet, obezite, diyabet, romatoid artrit, tiroid hastalığına ek olarak, kuvvetli el aktivitesi ve yüksek HAL skorlarının KTS ile bağımsız olarak ilişkili olduğunu bulmuştur (Fan et al., 2015). Sektörel düzeyde, tekstil ve konfeksiyon sanayii, et işleme, elektronik montaj, otomotiv montajı ve belirli ofis/klavye işleri yüksek riskli alanlar olarak öne çıkmaktadır (Kozak et al., 2015; Werner et al., 2005; Jackson et al., 2018). Elektronik montaj işçilerinde yapılan değerlendirmede, üretim ergonomisi iyileştirilmeden sürdürülen yüksek hız ve tekrarlayıcı el bilek hareketlerinin KTS gelişimi için önemli bir risk faktörü olduğu saptanmıştır (Feldman et al., 1987). Kaliforniya işçi tazminat verilerine göre en yüksek KTS oranları tekstil, giyim aksesuarları üretimi, hayvan kesimi ve işleme, istihdam hizmetleri, büro ve idari destek meslekleri gibi iş kollarında gözlemlenmiştir (Jackson et al., 2018). Diş hekimliği, yüksek el-bilek kullanımı, uzun süreli statik ve dengesiz postür ve vibrasyon maruziyetinin bir arada olduğu bir meslek grubudur. Diş hekimleri ve diş hekimi yardımcılarında el-bilek kas-iskelet sistemi yakınmalarının ve KTS'nin genel popülasyona göre daha sık olduğu birçok çalışmada bildirilmiştir (Abichandani et al., 2013). KTS'nin işle ilişkili olup olmadığının değerlendirilmesinde ise, ayrıntılı mesleki öykü (görev tanımı, günlük iş yükü, süre, ergonomik koşullar vb.) ve mümkünse objektif ergonomik değerlendirmeler (HAL, Strain Index vb.) önem taşımaktadır (Kozak et al., 2015; Fan et al., 2015). İşle ilişkili KTS'de, tedavi başarısının sürdürülebilmesi için yalnızca medikal veya cerrahi girişimlerin değil, aynı zamanda işyeri ergonomisinin de iyileştirilmesi gereklidir. Silverstein ve arkadaşları (1987), yüksek riskli üretim alanlarında iş istasyonu tasarımı, iş rotasyonu ve iş hızının düzenlenmesi ile KTS riskinin azaltılabileceğini göstermiştir. Feldman ve ark. (1987), elektronik montaj hattında alet tasarımının ve çalışma yüksekliğinin değiştirilmesinin, tekrarlayıcı zorlayıcı hareketleri azalttığını ve semptomlarda iyileşme sağladığını bildirmiştir. Kozak ve ark. (2015) tarafından yürütülen sistematik derleme ve meta-analiz, yüksek el gücü ve yüksek HAL skorlarının KTS için güçlü kanıt düzeyine sahip risk faktörleri olduğunu ve bu faktörlere yönelik ergonomik müdahalelerin öncelikli hedefler olması gerektiğini vurgulamaktadır. Fan ve ark. (2015) ise, psikososyal faktörler ve bireysel duyarlılıkların da KTS'nin sürmesinde ve tedaviye yanıt üzerinde rol oynadığını, dolayısıyla çok boyutlu müdahale programlarının daha etkili olabileceğini belirtmektedir. Diş hekimliğinde, kalın saplı ve titreşimi düşük enstrüman kullanımı, hasta ve hekim pozisyonunun düzenlenmesi, çalışma süresinin ve randevu

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

yoğunluğunun ergonomik ilkelere göre planlanması, sık mikro molalar ve germe egzersizleri KTS riskini azaltabilecek önlemler olarak önerilmektedir (Abichandani et al., 2013).

UYGULAMALAR

Veri setimizdeki çalışanların %43,7'si (n=100) metal otomotiv ve makine imalatı (G1), %14,0'ı (n= 32) plastik, kimya ve diğer imalat (G2), %9,6'sı (n=22) gıda imalatı ve yemek hizmetleri (G4), %8,7'si (n=20) tekstil, giyim, deri (G3), %8,3'ü (n=19) ofis, profesyonel hizmetler, eğitim, sağlık, kamu (G7), %7,0'ı (n=16) ticaret, taşımacılık, depolama (G6), %4,4'ü (n=10) temizlik, bakım, onarım (G8), %3,1'i (n=7) inşaat, maden, atık (G5) sektörlerinde çalışmaktadır. Bu tablo tanı almış olguların neredeyse yarısının ağır imalat ve otomotivde toplandığını bu nedenle söz konusu sektörlere yönelik ergonomik iyileştirme ve tarama programlarının önceliklendirilmesi gerektiğini göstermektedir. KTS meslek hastalığı olgularının en çok, yüksek kuvvet + tekrarlayıcı el-bilek kullanımı içeren ağır imalat sektörlerinde kümelenmektedir. KTS'nin iş ile ilişkisini inceleyen klasik epidemiyolojik çalışmalar, yüksek kuvvet ve yüksek tekrarlama içeren işlerde KTS prevalansının, düşük kuvvet–düşük tekrarlama işlerine göre belirgin arttığını göstermiştir. KTS'nin yalnızca bir "özel hastalık" olmaktan çıkıp; montaj hattı, tekstil, gıda işleme, bakım ve ofis işleri gibi çok sayıda sektörde yaygın mesleki sorun haline gelmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Sektör Gruplarında KTS ve Dağılım Oranları

Grup Kod	Grup	Olgu Sayısı	Oran
G1	Metal, otomotiv ve makine imalatı	100	43,70%
G2	Plastik, kimya ve diğer imalat	32	14,00%
G3	Tekstil, giyim ve deri	20	8,70%
G4	Gıda imalatı ve yemek hizmetleri	22	9,60%
G5	İnşaat, maden ve atık yönetimi	7	3,10%
G6	Ticaret, taşımacılık ve depolama	16	7,00%
G7	Ofis, profesyonel hizmetler, eğitim, sağlık, kamu	19	8,30%
G8	Temizlik, bakım ve onarım faaliyetleri	10	4,40%
NACE	Kodu tanımsız	3	1,30%

Meslek gruplarına baktığımızda Montaj (J1), metal/ağır sanayi (J2), beden/depo/lojistik (J3) ve tekstil/dikiş (J6) grupları birlikte olguların yaklaşık yarısını (%46,8) oluşturuyor. Bu grupların ortak özelliği; yüksek tekrarlayıcılık, yüksek kavrama kuvveti ve çoğu zaman titreşimli el aletlerinin kullanılması. Endüstri işçileri üzerinde yapılmış klasik çalışmalarda, yüksek kuvvet–yüksek tekrarlama işi yapanlarda KTS riskinin, düşük kuvvet–düşük tekrarlama işlerine göre katlanarak arttığı gösterilmiştir. Temizlik (J5), gıda/mutfak/kasap (J4) ve bakım işleri (J7) de literatürde özellikle kadın işçiler için önemli KTS kaynakları arasında sayılıyor. Tekstil, otelcilik, yeme-içme ve ev, temizlik işçilerinde yapılan gözlemsel çalışmalarda üst ekstremite kas-iskelet sistemi sorunlarının ve KTS'nin anlamlı derecede arttığı bildirilmiş; benzer şekilde kanatlı ve et işleme tesislerinde tekrarlayıcı ve kuvvetli kesme, ayırma hareketlerine maruz kalan işçilerde KTS riski belirgin yüksek bulunmuştur. Bir diğer dikkat çekici bulgu, ofis/güvenlik/diğer (J8) grubunun tek başına olguların %37,6'sını oluşturması. Bu grup heterojen (büro, çağrı merkezi, güvenlik, idari personel, teknisyen vb.), ama sonuç bize şunu gösteriyor, meslek hastalığı olarak tanı almış KTS olguları yalnızca klasik ağır sanayi işlerinde değil, hizmet ve ofis işlerine kadar uzanan geniş bir yelpazede görülüyor (Tablo 2).

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Tablo 2. Meslek Gruplarında KTS ve Dağılım Oranları

Grup Kod	Grup	Sigortalı sayısı (N)	Oran
J1	Montaj / paketleme / ince el işleri	33	14,40%
J2	Metal işleme ve ağır sanayi	32	14,00%
J3	Beden işçisi / depo / lojistik / şoför	27	11,80%
J4	Gıda / mutfak / kasap / servis	17	7,40%
J5	Temizlik, çevre ve kişisel hizmetler	17	7,40%
J6	Tekstil, dikiş, iplik, deri/ayakkabı	15	6,60%
J7	Sağlık ve bakım hizmetleri	2	0,90%
J8	Ofis, güvenlik, diğer nitelikli/karma işler	86	37,60%

Bilgisayar ve mouse kullanımıyla KTS ilişkisini değerlendiren sistematik derlemelerde, sıradan düzeyde bilgisayar kullanımı için kanıtların zayıf ve tutarsız olduğu; buna karşın çok yoğun mouse kullanımı ve kötü ergonomiye sahip iş istasyonlarında KTS riskinin artabileceği ifade ediliyor. Dolayısıyla, bizim serimizdeki yüksek J8 oranını; hem yoğun klavye, mouse kullanımı, hem de ofis işlerinin meslek hastalığı birimlerine erişiminin görece daha kolay olması ile birlikte düşünmek gerekli. Olguların yaklaşık yarısı (%43,7) metal–otomotiv–makine imalatı, geri kalanı ise plastik, kimya, tekstil, gıda, lojistik ve hizmet sektörlerinde dağılmaktadır. Bu dağılım, yüksek kuvvet ve tekrarlayıcı el-bilek hareketlerinin ön planda olduğu sektörlerde KTS'nin yoğunlaştığına dair literatürle uyumludur. Montaj, metal işçiliği, depo/lojistik ve tekstil işçileri birlikte olguların yaklaşık yarısını (%46,8) oluşturmakta; temizlik, gıda ve bakım işleriyle beraber düşünüldüğünde KTS'nin tipik olarak yüksek ergonomik riskli 'mavi yaka' işlerde kümelendiği görülmektedir. Buna karşın ofis/güvenlik/diğer nitelikli işler (J8) tek başına olguların üçte birinden fazlasını (%37,6) temsil etmektedir. Bu da KTS'nin yalnızca ağır manuel işlerin değil, günümüzün hizmet ve ofis sektörlerinin de önemli bir meslek hastalığı olduğunu; bilgisayar-mouse kullanımı, uzun süreli statik el-bilek pozisyonları ve yetersiz ergonominin rolünü düşündürmektedir. Veri setimizde tanı almış KTS olgularının ağır imalat + montaj gruplarında ve bazı hizmet/ofis sektörlerinde yoğunlaşması, koruyucu ergonomik müdahalelerin bu alanlara hedeflenmesi gerektiğini göstermektedir. Birçok çalışmada kadınlarda KTS sıklığı erkeklere göre yaklaşık 2–3 kat daha yüksek bulunuyor (McDiarmid et al., 2000). Bu fark sadece biyolojik faktörlerden değil, aynı zamanda kadın ve erkeklerin farklı işlere yerleştirilmesinden kaynaklanmaktadır. Kadınlar daha çok temizlik, tekstil, gıda işleme, bakım, ofis/sekreterlik, çağrı merkezi gibi işlerde, Erkekler ise metal, otomotiv, inşaat, ağır sanayi, madencilik gibi işlerde yoğunlaşıyor (Tablo 3).

Tablo 3. Sektörlerde Kadın Erkek KTS Meslek Hastalarının Dağılımı

NACE grubu	Erkek n (%)	Kadın n (%)
G1 Metal–otomotiv–makine	69 (%56,1)	31 (%30,1)
G2 Plastik–kimya–diğer imalat	19 (%15,4)	13 (%12,6)
G3 Tekstil–giyim–deri	10 (%8,1)	10 (%9,7)
G4 Gıda ve yemek hizmetleri	1 (%0,8)	21 (%20,4)
G5 İnşaat–maden–atık	7 (%5,7)	0 (%0,0)
G6 Ticaret–lojistik	7 (%5,7)	9 (%8,7)
G7 Ofis–profesyonel–kamu	3 (%2,4)	16 (%15,5)
G8 Temizlik–bakım–onarım	7 (%5,7)	3 (%2,9)

Erkek KTS olguları büyük ölçüde metal–otomotiv–makine (G1) ve metal/ağır sanayi (J2) içinde yoğun. Kadın KTS olguları ise daha çok Gıda–yemek (G4), Ofis/profesyonel/kamu (G7),

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Ticaret/lojistik (G6), Meslekte ise depo/lojistik (J3), gıda-mutfak (J4), temizlik/kişisel hizmetler (J5) ve ofis/çağrı merkezi/güvenlik (J8) içinde toplanıyor. Bu desen, literatürde tarif edilen "cinsiyete göre iş bölümü + KTS riski" tablosuyla çok uyumlu kadınlarda temizlik, gıda işleme, tekstil, bakım ve ofis işleri KTS için yüksek riskli alanlar olarak tanımlanmış; pek çok çalışmada bu işlerde çalışan kadınlarda KTS veya el-bilek şikâyetlerinin erkeklerden daha yüksek olduğu gösterilmiş. Erkeklerde metal, otomotiv, inşaat, madencilik, kaynak ve ağır sanayi işleri; yüksek kuvvet, vibrasyon ve ağır yük nedeniyle klasik yüksek riskli gruplar. Çalışmamızda erkek KTS olguları daha çok metal–otomotiv–makine imalatı ve ağır sanayi işlerinde, kadın olgular ise gıda-mutfak, temizlik, depo/lojistik ve ofis/çağrı merkezi gibi işlerde yoğunlaşmaktadır. Bu, literatürde KTS için yüksek riskli olduğu gösterilen kadın ağırlıklı temizlik–gıda–tekstil–ofis işleri ile erkek ağırlıklı metal, otomotiv ve inşaat işlerine ilişkin bulgularla uyumludur. Ayrıca hem kadın hem erkek için ofis/çağrı merkezi/güvenlik (J8) grubunun en büyük meslek grubu olması (%35–40 civarı), KTS'nin artık sadece ağır sanayi değil, aynı zamanda ofis ve hizmet sektörü için de önemli bir meslek hastalığı olduğunu destekliyor. Ofis çalışanlarında uzun süreli klavye ve mouse kullanımı, statik el-bilek postürleri ve yüksek iş yükünün KTS ile ilişkili olduğu gösterilmiş durumda. Erkek olguların %92'den fazlası "tehlikeli" veya "çok tehlikeli" işyerlerinden geliyor. Bu, onların metal, inşaat, ağır sanayi ve büyük imalat tesislerinde çalıştığını doğruluyor. Kadın olguların yaklaşık üçte biri "az tehlikeli" sınıfta, buna rağmen KTS meslek hastalığı tanısı almışlar (Tablo 4).

Tablo 4. Meslek Gruplarında Kadın Erkek KTS Meslek Hastalarının Dağılımı

Meslek grubu	Erkek n (%)	Kadın n (%)
J1 Montaj / paket / ince el	19 (%15,1)	14 (%13,6)
J2 Metal / ağır sanayi	31 (%24,6)	1 (%1,0)
J3 Beden işçisi / depo / lojistik	12 (%9,5)	15 (%14,6)
J4 Gıda / mutfak / kasap / servis	5 (%4,0)	12 (%11,7)
J5 Temizlik / çevre / kişisel	6 (%4,8)	11 (%10,7)
J6 Tekstil / dikiş	8 (%6,3)	7 (%6,8)
J7 Sağlık / bakım	0 (%0,0)	2 (%1,9)
J8 Ofis / güvenlik / diğer	45 (%35,7)	41 (%39,8)

Literatür, kadınların yoğun olduğu bu az tehlikeli görünen işlerde dahi, yüksek tekrarlama, statik postür ve psiko-sosyal yük nedeniyle kas-iskelet sistemi hastalıklarının ve KTS'nin sık olduğunu gösteriyor; buna rağmen bu işler çoğu zaman resmi tehlike sınıflamalarında yeterince yansımıyor. Erkek olguların büyük çoğunluğu 'tehlikeli' ve 'çok tehlikeli' sınıftaki işyerlerinden gelirken, kadın olguların üçte birinin resmi olarak 'az tehlikeli' kabul edilen işyerlerinde çalıştığı görülmektedir. Bu durum, kadın ağırlıklı gıda, temizlik, ofis ve hizmet işlerinde ergonomik risklerin resmi tehlike sınıflamasına tam olarak yansımadığını; buna rağmen bu işlerin KTS açısından somut mesleki risk oluşturduğunu düşündürmektedir. İşyeri büyüklüğü açısından her iki cinsiyet için de olguların çoğunun büyük işletmelerden (≥250 çalışan) gelmesi, iki şekilde yorumlanabilir. Bölgedeki istihdam gerçekten büyük işletmelerde yoğunlaşıyor olabilir ya da literatürde de tartışıldığı gibi, küçük işletmelerde kas-iskelet sistemi hastalıklarının eksik bildirilmesi ve meslek hastalığı tanısına ulaşmanın zorluğu, büyük işletmelerde bildirimin daha fazla yapıldığını düşündürmektedir (Tablo 5).

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Tablo 5. Coğrafi, Sektör, Meslek Grubu, İşletme Büyüklüğü KTS Meslek Hastalarının Dağılımı

Plaka	Coğrafi Bölge	İl İsmi	Sektörel Grup (Sigortalı kayıt sayısı)	Sigortalı Kayıt Sayısı	Meslek Kodu (Sigortalı kayıt sayısı)	İşletme Büyüklük Kod (Sigortalı kayıt sayısı)
1	Akdeniz	Adana	G2(1)	1	J1(1)	3(1)
6	İç Anadolu	Ankara	G1(1), G6(1)	2	J2(1), J5(1)	1(1), 2(1)
11	Marmara	Bilecik	G2(1), G4(1)	2	J1(1), J8(1)	4(2)
16	Marmara	Bursa	G1(6), G3(2), G4(1), G6(2)	11	J1(1), J2(2), J4(1), J5(1), J6(2), J8(4)	1(1), 2(3), 3(2), 4(5)
17	Marmara	Çanakkale	G1(2)	2	J2(2)	2(2)
18	İç Anadolu	Çankırı	G1(1)	1	J8(1)	2(1)
26	İç Anadolu	Eskişehir	G1(2)	2	J3(1), J8(1)	4(2)
27	Güneydoğu Anadolu	Gaziantep	G3(2)	2	J6(1), J8(1)	3(1), 4(1)
34	Marmara	İstanbul	G1(20), G2(13), G3(9), G4(9), G5(5), G6(8), G7(11), G8(7), Bilinmiyor(1)	83	J1(10), J2(6), J3(12), J4(7), J5(9), J6(4), J7(2), J8(33)	1(3), 2(13), 3(22), 4(45)
35	Ege	İzmir	G1(4), G2(3), G5(1), G7(1)	9	J1(2), J2(1), J3(1), J8(5)	3(3), 4(6)
38	İç Anadolu	Kayseri	G3(1)	1	J8(1)	1(1)
39	Marmara	Kırklareli	G2(1)	1	J3(1)	4(1)
41	Marmara	Kocaeli	G1(42), G2(10), G3(1), G4(10), G6(5), G7(6), G8(3), Bilinmiyor(2)	79	J1(13), J2(12), J3(8), J4(8), J5(4), J6(6), J8(28)	1(1), 2(10), 3(16), 4(52)
42	İç Anadolu	Konya	G1(2)	2	J2(1), J5(1)	3(2)
45	Ege	Manisa	G1(4)	4	J2(1), J3(1), J8(2)	3(1), 4(3)
54	Marmara	Sakarya	G1(11), G4(1), G5(1), G7(1)	14	J1(3), J2(3), J3(1), J4(1), J8(6)	1(1), 3(5), 4(8)
59	Marmara	Tekirdağ	G1(3), G2(2), G3(2)	7	J2(3), J3(1), J5(1), J8(2)	3(1), 4(6)
61	Karadeniz	Trabzon	G3(1)	1	J1(1)	1(1)
81	Karadeniz	Düzce	G1(2), G2(1), G3(2)	5	J1(1), J3(1), J6(2), J8(1)	3(1), 4(4)

Karpal tünel sendromu (KTS), tekrarlayıcı el–bilek hareketleriyle ilişkili, sık görülen bir meslek hastalığıdır. Bu nedenle sadece toplam KTS olgu sayısını bilmek değil, hangi sektörler, meslek grupları ve coğrafi bölgelerde yoğunlaştığını görmek hem önleme politikaları hem de kaynak planlaması açısından kritik önem taşır. Yoğunlaşmayı tek sayıyla özetlemek için literatürde en yaygın kullanılan araçlardan biri Herfindahl–Hirschman Endeksi (HHI)'dir. HHI, her bir birimin firma, sektör, bölge gibi payının karesinin toplamı olarak tanımlanan bir yoğunluk göstergesidir (Rhoades, 1993). Başlangıçta ürün pazarlarında firma yoğunluğunu ve rekabet düzeyini ölçmek için geliştirilmiş; rekabet otoriteleri tarafından birleşme incelemelerinde standart araç haline gelmiştir (Bikker & Haaf, 2002). HHI sadece ürün pazarlarıyla sınırlı değildir. Çalışma ekonomisi ve iş sağlığı alanında: Mesleklerin hangi sanayilerde ne kadar "toplandığını" ölçmek için meslek–sektör kombinasyonlarına uygulanmıştır (Watson, 2014). Emek piyasası tekellerini (monopsoni) analiz etmek için şehir × meslek bazında işveren yoğunluğunu ölçmekte kullanılmıştır (Azar, Marinescu, & Steinbaum, 2020). Endüstriyel ve mesleki iş kazalarının hangi sektör ve meslek gruplarında yoğunlaştığını göstermek için "kaza yoğunlaşma endeksi" geliştirilirken HHI mantığı kullanılmıştır (Lee, Chang, & Suh, 2020). Bu çalışmamızda, benzer bir yaklaşımı KTS meslek hastalığı için uyarlamaktadır. Amaç, KTS olgularının sektör grupları, meslek grupları ve iller arasında ne ölçüde yoğunlaştığını HHI ile sayısallaştırmak ve bu yoğunlaşmayı yorumlamaktır. Literatürde HHI genellikle firma pazar payları üzerinden tanımlanır (Rhoades, 1993; Bikker & Haaf, 2002).

Genel formül:

$$HHI = \sum_{i=1}^{n} s_i^2 \qquad (1)$$

Burada:

n: incelenen grup sayısı (örneğin sektör sayısı),

s_i: i'nci grubun toplam içindeki payı.

Bu çalışmada "pazar payı" yerine KTS olgu payı kullanılmaktadır. Yani:

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

$$s_i = \frac{C_i}{C_{\text{toplam}}} \quad (2)$$

C_i: i'nci gruptaki KTS olgu sayısı,

$C_{\text{toplam}} = 229$: toplam KTS olgu sayısı.

HHI 0 ile 1 arasında değer alır (paylar 0–1 kullanıldığında). ABD rekabet otoritesi pratiklerinde HHI'nin 0,15 altında "düşük", 0,15–0,25 arası "orta", 0,25 üzerinde "yüksek" yoğunlaşmayı işaret ettiği kabul edilir. Ayrıca $1/HHI$ifadesi "etkin grup sayısı" olarak yorumlanır; HHI büyüdükçe etkin grup sayısı azalır (Rhoades, 1993).

Sektörel KTS yoğunlaşması için:

Gruplar: G1–G8 + "NACE kodu tanımsız" → $n = 9$

Her grup için C_g: KTS olgu sayısı (ör. G1=100, G2=32, …).

Pay:

$$s_g = \frac{C_g}{C_{\text{toplam}}} \quad (3)$$

Sektörler için HHI:

$$HHI_{\text{sektör}} = \sum_{g=1}^{9} s_g^2 \quad (4)$$

Bu yaklaşım, Lee ve ark. (2020)'nin iş kazalarının sektörel yoğunlaşmasını ölçerken kullandığı "kaza yoğunlaşma endeksi" nin KTS olgularına uyarlanmış halidir.

Meslek grupları (J1–J8) için benzer şekilde:

$$s_j = \frac{C_j}{C_{\text{toplam}}}, HHI_{\text{meslek}} = \sum_{j=1}^{8} s_j^2 \quad (5)$$

Bu, Watson (2014)'ün mesleklerin sektörler arasındaki yoğunlaşmasını ölçerken HHI'yi kullanmasıyla aynı yapısal mantığı izler; burada ise yoğunlaşan büyüklük KTS olgularıdır.

İller için:

C_{il}: her ildeki KTS olgu sayısı (toplam 19 il),

Pay:

$$s_{\text{il}} = \frac{C_{\text{il}}}{C_{\text{toplam}}} \quad (6)$$

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

İl düzeyi HHI:

$$HHI_{\text{il}} = \sum_{\text{iller}} s_{\text{il}}^2 \quad (7)$$

Bu endeks, Lee ve ark. (2020)'nin ülke düzeyinde kazaların endüstriler arasında ne kadar yoğunlaştığını ölçmek için kullandığı HHI yaklaşımının coğrafi bir uyarlaması olarak düşünülebilir.

Her endeks için, yorum kolaylığı adına etkin grup sayısı hesaplanmıştır:

$$N_{\text{etkin}} = \frac{1}{HHI} \quad (8)$$

Örneğin 9 sektör grubunda HHI=0,25 ise, KTS olgularının dağılımı 9 değil, 4 eşit büyüklükte gruba yayılmış gibi kabul edilir.

SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Sektörel yoğunlaşma (NACE grupları)

Sektör grupları ve olgu sayıları:

G1: 100

G2: 32

G3: 20

G4: 22

G5: 7

G6: 16

G7: 19

G8: 10

NACE kodu tanımsız: 3

Örnek hesap:

$s_{\text{G1}} = \frac{100}{229} \approx 0{,}4367 \Rightarrow s_{\text{G1}}^2 \approx 0{,}1907$

Tüm gruplar için payların kareleri toplandığında:

$HHI_{\text{sektör}} \approx 0{,}2419$

Klasik ölçek: $HHI_{\text{sektör}} \times 10{,}000 \approx 2{,}419$

Etkin sektör sayısı: $N_{\text{etkin}} \approx 1/0{,}2419 \approx 4{,}13$

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Yani 9 farklı sektörel grup tanımlı olmasına rağmen, KTS olgularının dağılımı yaklaşık 4 sektöre yoğunlaşmıştır. G1 (metal, otomotiv, makine imalatı) tek başına olguların %43,7'sini oluşturmakta ve endekse en büyük katkıyı sağlamaktadır.

Meslek grubu dağılımı:

J1: 33

J2: 32

J3: 27

J4: 17

J5: 17

J6: 15

J7: 2

J8: 86

Örnek hesap:

$s_{J8} = \frac{86}{229} \approx 0{,}3755 \Rightarrow s_{J8}^2 \approx 0{,}1410$

Toplamda:

$HHI_{\text{meslek}} \approx 0{,}2106$

Klasik ölçek: $\approx 2{,}106$

Etkin meslek sayısı: $N_{\text{etkin}} \approx 1/0{,}2106 \approx 4{,}75$

8 meslek grubu olmasına karşın, KTS olguları yaklaşık 5 gruba yayılmıştır. J8 (ofis, güvenlik ve diğer nitelikli/karma işler) ve J1–J2 (montaj/paketleme ve metal ağır sanayi) grupları birlikte olguların büyük bölümünü taşımaktadır.

İllere göre KTS olgu sayıları:

İstanbul (34): 83

Kocaeli (41): 79

Sakarya (54): 14

Diğer 16 il: kalan 53 olgu (her biri 1–11 arası olgu).

Örnek hesap:

$s_{34} = \frac{83}{229} \approx 0{,}3624 \Rightarrow s_{34}^2 \approx 0{,}1314$
$s_{41} = \frac{79}{229} \approx 0{,}3450 \Rightarrow s_{41}^2 \approx 0{,}1190$

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Tüm iller için pay karelerinin toplamı:

$HHI_{\text{il}} \approx 0{,}2602$

Klasik ölçek: $\approx 2{,}602$

Etkin il sayısı: $N_{\text{etkin}} \approx 1/0{,}2602 \approx 3{,}84$

En dikkat çekici bulgu, sadece İstanbul ve Kocaeli'nin birlikte: Tüm KTS olgularının %70,7'sini, İl HHI'sinin ise yaklaşık %96'sını açıklaması; yani coğrafi açıdan KTS'nin neredeyse tamamen Marmara sanayi aksına yığılmasıdır. HHI, KTS meslek hastalığının sektörler, meslek grupları ve iller arasındaki yoğunlaşmasını ölçmek için kullanılmıştır. Elde edilen üç endeksin ortak sonucu, KTS'nin hem sektörel hem de coğrafi açıdan belirli kümelerde toplandığını göstermesidir. Sektörel HHI ≈ 0,24 (2.419): Orta–yüksek yoğunlaşma düzeyine karşılık gelmektedir. Endekste en büyük ağırlık, metal–otomotiv–makine imalatını kapsayan G1 grubuna aittir. Lee ve ark. (2020)'nin kazalar için bulduğu gibi, burada da KTS olguları belirli sanayi kollarında yüksek yoğunluk göstermektedir. Meslek HHI ≈ 0,21 (2.106): KTS'nin özellikle J8 (ofis/güvenlik/karma işler), J1 (montaj/paketleme) ve J2 (metal ağır sanayi) gibi sınırlı sayıdaki meslek grubunda yoğunlaştığını göstermektedir. Bu sonuç, ofis ve idari işlerde de tekrarlayıcı el-bilek kullanımı nedeniyle KTS riskinin yüksek olabileceğini ve önleme stratejilerinin sadece "mavi yaka" işçilere odaklanmaması gerektiğini ortaya koyar. Benzer biçimde Watson (2014), bazı mesleklerin belirli sanayilere aşırı bağımlı olmasının kriz dönemlerinde kırılganlığı artırdığını göstermiştir; burada ise bazı mesleklerin KTS bakımından aşırı risk yüklendiği görülmektedir. İl HHI ≈ 0,26 (2.602) coğrafi yoğunlaşmanın sektörel ve mesleki yoğunlaşmadan bile yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. KTS olgularının büyük bölümü İstanbul ve Kocaeli'nde toplanmıştır. Bu iki il, Türkiye'de ağır sanayi ve büyük ölçekli imalatın yoğunlaştığı bölgeler olduğundan, sonuçlar sektörel bulgularla da uyumludur. Lee ve ark. (2020)'nin Avrupa ülkelerinde kazaların belirli endüstrilerde yoğunlaştığını gösteren bulguları ile metodolojik paralellik dikkat çekicidir. HHI'nin tercih edilmesinin birkaç nedeni vardır. Birincisi, bütün dağılımı tek sayıya indirerek karmaşık tablolardaki bilgiyi özetlemesi ve farklı boyutlarda (sektör, meslek, il) kolayca karşılaştırmaya izin vermesidir (Rhoades, 1993; Bikker & Haaf, 2002). İkincisi, kare alma özelliği nedeniyle büyük paya sahip gruplara daha fazla ağırlık vermesi, yani KTS'nin gerçekten "aşırı yoğunlaştığı" sektör ve illeri öne çıkarmasıdır. Üçüncüsü, farklı çalışmalarda benzer amaçlarla kullanılmış olmasıdır: örneğin iş kazalarının sektörel yoğunlaşması (Lee et al., 2020), mesleklerin sanayilere bağımlılığı (Watson, 2014) ve işgücü piyasası yoğunlaşması (Azar et al., 2020). Bununla birlikte, HHI tam bir rekabet/sağlık göstergesi değildir; yalnızca yapısal dağılımı ölçer. Bikker ve Haaf (2002), bankacılık sektöründe HHI'nin yüksek olmasına rağmen bazı pazarlarda rekabetin güçlü olabileceğini göstermiştir. KTS açısından da yüksek HHI, bu sektör ve illerdeki maruziyetin ve bildirim kapasitesinin birlikte yüksek olmasını yansıtıyor olabilir. Örneğin büyük işletmelerde hem risk yüksek olabilir hem de işyeri hekimi ve kayıt sistemi daha gelişmiş olduğu için KTS daha çok saptanabilir.

Sonuç olarak, HHI'nin KTS özelinde kullanılması:

1. Hangi sektör ve illerde hedefli müdahaleye ihtiyaç olduğunun sayısal olarak gösterilmesini,
2. Zaman içinde HHI'nin izlenmesiyle yoğunlaşma dinamiklerinin değerlendirilmesini (örneğin işyeri ergonomi programlarından sonra HHI'de düşüş olup olmadığı),
3. Diğer ülkeler veya hastalıklar (örn. tendinit, bel ağrısı) ile karşılaştırmalı çalışmaların yapılmasını mümkün kılmaktadır.

Gelecekteki çalışmalar, HHI'yi; iş kazası verileri, toplam istihdam ve ergonomik risk değerlendirmeleriyle birlikte kullanarak KTS için daha kapsamlı sektörel risk profilleri oluşturabilir.

GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Karpal tünel sendromu, genel popülasyonda sık görülmekle birlikte, özellikle yüksek el aktivitesi gerektiren, tekrarlayıcı ve zorlu bilek postürlerinin bulunduğu mesleklerde belirgin bir mesleki hastalık yükü oluşturmaktadır. Çalışmada yapılan analizler neticesinde tekstil-konfeksiyon, et işleme, elektronik ve otomotiv montajı gibi sektörlerin KTS riskini anlamlı derecede artırdığını ortaya koymaktadır. Tedavi ve önlemede yalnızca semptom kontrolüne odaklanmak yeterli olmayıp, işyeri ergonomisinin iyileştirilmesi, iş organizasyonunun düzenlenmesi ve risk altındaki çalışanların eğitimi gibi koruyucu stratejilerin bütüncül biçimde uygulanması gereklidir. Yanısıra çalışmamızda diş hekimliği ve sağlık sektörünü içeren özel risk gruplarında erkenden başlatılan ergonomik müdahaleler, düzenli taramalar ve farkındalık eğitimleri hem bireysel hem de kurumsal düzeyde önemli yararlar sağlayacağı tespit edilmiştir.

KAYNAKÇA

Abichandani, S., Shaikh, S., & Nadiger, R. (2013). Carpal tunnel syndrome – an occupational hazard facing dentistry. *International Dental Journal, 63*(5), 230–236. https://doi.org/10.1111/idj.12037

Aboonq, M. S. (2015). Pathophysiology of carpal tunnel syndrome. *Neurosciences (Riyadh), 20*(1), 4–9.

Atroshi, I., Gummesson, C., Johnsson, R., Ornstein, E., Ranstam, J., & Rosén, I. (1999). Prevalence of carpal tunnel syndrome in a general population. *JAMA, 282*(2), 153–158. https://doi.org/10.1001/jama.282.2.153

Bonfiglioli, R., Mattioli, S., Armstrong, T. J., Graziosi, F., Marinelli, F., Farioli, A., Violante, F. S., *et al.* (2013). Validation of the ACGIH TLV for hand activity level in the OCTOPUS cohort: A two-year longitudinal study of carpal tunnel syndrome. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health, 39*(2), 155–163.

Dale, A. M., Harris-Adamson, C., Rempel, D., Gerr, F., Hegmann, K., Silverstein, B., Burt, S., *et al.* (2013). Prevalence and incidence of carpal tunnel syndrome in US working populations:

Pooled analysis of six prospective studies. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health, 39*(5), 495–505. https://doi.org/10.5271/sjweh.3351

de Krom, M. C. T. F. M., Knipschild, P. G., Kester, A. D. M., Thijs, C. T., Boekkooi, P. F., & Spaans, F. (1992). Carpal tunnel syndrome: Prevalence in the general population. *Journal of Clinical Epidemiology, 45*(4), 373–376. https://doi.org/10.1016/0895-4356(92)90038-O

Fan, Z. J., Harris-Adamson, C., Eisen, E. A., Hegmann, K. T., Silverstein, B., Dale, A. M., Evanoff, B., Thiese, M. S., Kapellusch, J., Garg, A., Burt, S., Gerr, F., Merlino, L., & Rempel, D. (2015). Associations between workplace factors and carpal tunnel syndrome: A multi-site cross sectional study. *American Journal of Industrial Medicine, 58*(5), 509–518. https://doi.org/10.1002/ajim.22443

Feldman, R. G., Travers, P. H., Chirico-Post, J., & Keyserling, W. M. (1987). Risk assessment in electronic assembly workers: Carpal tunnel syndrome. *The Journal of Hand Surgery (American Volume), 12*(5 Pt 2), 849–855. https://doi.org/10.1016/S0363-5023(87)80247-2

Garg, A., Kapellusch, J., Hegmann, K., Wertsch, J., Merryweather, A., Deckow-Schaefer, G., *et al.* (2012). The Strain Index and Threshold Limit Value for Hand Activity Level: Risk of carpal tunnel syndrome in a prospective cohort. *Ergonomics, 55*(4), 396–414.

Ibrahim, I., Khan, W. S., Goddard, N., & Smitham, P. (2012). Carpal tunnel syndrome: A review of the recent literature. *The Open Orthopaedics Journal, 6*, 69–76. https://doi.org/10.2174/1874325001206010069

Jackson, R., Beckman, J., Frederick, M., Musolin, K., & Harrison, R. (2018). Rates of carpal tunnel syndrome in a state workers' compensation information system, by industry and occupation — California, 2007–2014. *MMWR. Morbidity and Mortality Weekly Report, 67*(39), 1094–1097. https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6739a4

Kozak, A., Schedlbauer, G., Wirth, T., Euler, U., Westermann, C., & Nienhaus, A. (2015). Association between work-related biomechanical risk factors and the occurrence of carpal tunnel syndrome: An overview of systematic reviews and a meta-analysis of current research. *BMC Musculoskeletal Disorders, 16*, 231. https://doi.org/10.1186/s12891-015-0685-0

McDiarmid, M., Oliver, M., Ruser, J., & Gucer, P. (2000). Male and female rate differences in carpal tunnel syndrome injuries: Personal attributes or job tasks? *Environmental Research Section A, 83*, 23–32. https://doi.org/10.1006/envs.2000.4042

Rotaru-Zavaleanu, A.-D., Lungulescu, C. V., Bunescu, M. G., Vasile, R. C., Gheorman, V., Gresita, A., & Dinescu, V. C. (2024). Occupational carpal tunnel syndrome: A scoping review of causes, mechanisms, diagnosis, and intervention strategies. *Frontiers in Public Health, 12*, 1407302. https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1407302

Silverstein, B. A., Fine, L. J., & Armstrong, T. J. (1987). Occupational factors and carpal tunnel syndrome. *American Journal of Industrial Medicine, 11*(3), 343–358. https://doi.org/10.1002/ajim.4700110310

Watson, A. (2014). Measuring occupational concentration by industry. *Beyond the Numbers, 3*(3), 1–8. U.S. Bureau of Labor Statistics.

Werner, R. A., Franzblau, A., Gell, N., Ulin, S. S., & Armstrong, T. J. (2005). Incidence of carpal tunnel syndrome among automobile assembly workers and assessment of risk factors. *Journal of Occupational and Environmental Medicine, 47*(10), 1044–1050. https://doi.org/10.1097/01.jom.0000171065.17288.a0

Azar, J., Marinescu, I., & Steinbaum, M. (2020). Concentration in US labor markets: Evidence from online vacancy data. *Labour Economics, 66*, 101886.

Bikker, J. A., & Haaf, K. (2002). Measures of competition and concentration in the banking industry: A review of the literature. *Economic & Financial Modelling, 9*(2), 53–98.

Lee, S., Chang, S., & Suh, Y. (2020). Developing concentration index of industrial and occupational accidents: The case of European countries. *Safety and Health at Work, 11*(3), 266–274.

Rhoades, S. A. (1993). The Herfindahl–Hirschman Index. *Federal Reserve Bulletin, 79*(3), 188–189.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ERGENLERDE BÖBREK SAĞLIĞI BİLGİ DÜZEYİ VE ETKİLEYEN FAKTÖRLER: KESİTSEL BİR ÇALIŞMA

Dr. Öğretim Üyesi, Mehtap METİN KARAASLAN

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, mehtap.karaaslan@erdogan.edu.tr

0000-0002-1575-3799

ÖZET

Amaç: Bu çalışma, lise öğrencilerinin böbrek sağlığı hakkındaki bilgilerini değerlendirmeyi ve bilinçli teknoloji kullanımına (BTK) yönelik tutumlar da dahil olmak üzere demografik ve davranışsal faktörlerin bu bilgiyi nasıl etkilediğini incelemeyi amaçlamaktadır.

Yöntemler: Ocak-Mayıs 2024 tarihleri arasında Türkiye'nin kuzeydoğusundaki altı okuldan 14-18 yaşları arasındaki 320 öğrenciyle kesitsel bir çalışma yürütülmüştür. Okullar, çok aşamalı tabakalı küme örneklemesi kullanılarak seçilmiştir. Veriler, Böbrek Sağlığı Bilgi Anketi ve Dijital Teknolojiye Yönelik Tutum Ölçeği kullanılarak toplanmıştır.

Bulgular: Öğrencilerin yaş ortalaması 15,62±1,06 yıl olup %57,8'i erkektir. Öğrencilerin %56,5'i böbrek sağlığı ile ilgili soruların yarısından fazlasını doğru yanıtlamıştır. Çoklu regresyon analizi sonucunda, okul türü (β=0,36), böbrek hastalığı hakkında daha önce bilgi sahibi olma (β=0,18) ve BTK (β=0,12), böbrek sağlığı hakkındaki bilgi düzeyini anlamlı şekilde yordamış (F=17,50; p<0,001) ve model toplam varyansın %22,2'sini açıklamıştır.

Sonuçlar: Ergenlerin böbrek sağlığı bilgisi yetersizdir, ancak BTK bunu artırıyor gibi görünmektedir. Dijital kaynaklar kullanan okul tabanlı programlar bu bilgi açığını kapatabilir.

Anahtar Kelimeler: Ergenler; bilinçli teknoloji kullanımı; böbrek sağlığı; bilgi düzeyi

KIDNEY HEALTH KNOWLEDGE LEVEL AND AFFECTING FACTORS IN ADOLESCENTS: A CROSS-SECTIONAL STUDY

Abstract

Objective: This study aimed to evaluate high school students' knowledge of kidney health and examine how demographic and behavioral factors, including attitudes toward conscious technology use (CTU), influence this knowledge.

Methods: A cross-sectional study was conducted between January and May 2024 with 320 students aged 14–18 years from six schools in northeastern Turkey. Schools were selected using multistage stratified cluster sampling. Data were collected using the Kidney Health Information Questionnaire and the Attitudes Toward Digital Technology Scale.

Results: The mean age of the students was 15.62±1.06 years and 57.8% were male. 56.5% of the students answered more than half of the questions about kidney health correctly. As a result of multiple regression analysis, school type (β=0.36), having heard about kidney disease before (β=0.18) and CTU (β=0.12) significantly predicted the level of knowledge about kidney health (F=17.50; p<0.001), and the model explained 22.2% of the total variance.

Conclusions: Adolescents' kidney health knowledge is inadequate, but CTU appears to enhance it. School-based programs using digital resources may bridge this knowledge gap.

Keywords: Adolescents; conscious technology use; kidney health; level of knowledge

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

BEYAZ GÜRÜLTÜNÜN ÇOCUKLAR ÜZERİNDEKİ KULLANIMINA YÖNELİK TEZLERİN BİBLİYOMETRİK ANALİZİ: YÖK ULUSAL TEZ VERİ TABANI ÖRNEĞİ

Dr Öğretim Üyesi Mehtap METİN KARAASLAN

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, mehtap.karaaslan@erdogan.edu.tr

0000-0002-1575-3799

Bağımsız Araştırmacı Zehra AYAZ

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, zehra_ayaz21@erdogan.edu.tr

0009-0004-9439-5601

ÖZET

Amaç: Beyaz gürültü, geniş frekans aralığının eşit yoğunlukta sunulmasıyla oluşan ve anne karnındaki seslere benzeyen, yatıştırıcı bir işitsel uyarandır. Klinik kullanımının artmasıyla birlikte konuya yönelik bilimsel ilgi de yükselmiştir. Bu çalışma, Türkiye'de çocuklarda beyaz gürültü uygulamasına ilişkin 2025 yılına kadar hazırlanmış lisansüstü tezleri bibliyometrik açıdan inceleyerek çalışmaların kapsamını, eğilimlerini ve yöntemsel özelliklerini ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Yöntem: Tanımlayıcı tipteki bu araştırmada bibliyometrik analiz yöntemi kullanılmıştır. YÖK Ulusal Tez Merkezi'nde 05.09.2025–30.09.2025 tarihleri arasında yapılan tarama sonucunda erişime açık ve dahil edilme kriterlerini karşılayan 34 tez incelenmiştir. Veriler araştırmacı tarafından oluşturulan bibliyometrik kayıt formu ile toplanmış; tezlerin yılı, türü, üniversite bilgisi, araştırma deseni, örneklem özellikleri, kullanılan araçlar ve anahtar kelimeler Excel ortamına aktarılmıştır. Veriler frekans–yüzde analizleriyle değerlendirilmiş, görselleştirmeler Excel ve WordArt uygulamalarıyla hazırlanmıştır.

Bulgular:İlk çalışma 2006'da yapılmış, 2010–2014 arasında tez bulunmamıştır. Tezlerin %79,4'ü yüksek lisans düzeyindedir. Çalışmaların %52,9'u ağrı üzerine, %29,4'ü fizyolojik parametreler üzerine odaklanmıştır. Örneklemlerin çoğu term (%44,1) ve preterm (%32,4) yenidoğanlardan oluşmaktadır. Tezlerin büyük bölümü yenidoğan yoğun bakım ünitelerinde (%58,8) yürütülmüştür.

Sonuç: Türkiye'de beyaz gürültü araştırmalarının giderek arttığı, çalışmaların çoğunlukla yenidoğanlarda ağrı ve fizyolojik stabiliteye odaklandığı görülmektedir. Bulgular, beyaz gürültünün atraumatik bakım uygulamalarında önemli bir destekleyici müdahale olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Beyaz gürültü, bibliyometrik analiz, yenidoğan, ağrı, hemşirelik.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF THESES ON THE USE OF WHITE NOISE IN CHILDREN: THE CASE OF THE YÖK NATIONAL THESIS DATABASE

ABSTRACT

Aim: White noise is a soothing auditory stimulus produced by presenting a broad range of frequencies at equal intensity, resembling intrauterine sounds. As its clinical use has expanded, scientific interest in this intervention has also increased. This study aims to examine postgraduate theses conducted in Türkiye on the use of white noise in children up to the year 2025 through a bibliometric approach, revealing their scope, trends, and methodological characteristics.

Method: This descriptive study employed bibliometric analysis. A search conducted in the National Thesis Center of the Council of Higher Education (YÖK) between 05.09.2025 and 30.09.2025 identified 34 accessible theses meeting the inclusion criteria. Data were collected using a bibliometric recording form developed by the researcher, including thesis year, type, university, research design, sample characteristics, data collection tools, and keywords. Data were transferred to Excel and analyzed using frequency–percentage distributions. Visualizations were generated using Excel and WordArt.

Results: The earliest thesis on the subject was completed in 2006, with no studies found between 2010 and 2014. Of the theses, 79.4% were master's theses. More than half (52.9%) focused on pain, while 29.4% examined physiological parameters. The majority of samples consisted of term (44.1%) and preterm (32.4%) newborns. Most studies were conducted in neonatal intensive care units (58.8%).

Conclusion: White noise research in Türkiye has increased over time, with the majority of studies concentrating on pain and physiological stability in newborns. The findings indicate that white noise is an important supportive intervention within atraumatic care practices.

Keywords: White noise, bibliometric analysis, newborn, pain, nursing.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

CERRAHİ ATIK YÖNETİMİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK: "YEŞİL AMELİYATHANE" PRATİKLERİ

[1] Nursing Master's Student, Aleyna DEMİRKAN,
Maltepe University, Medical School Hospital,
Bağlarbaşı, Sakızağacı No:3, 34844 Maltepe
Istanbul/Turkey
Email: aleynademirkan0671@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0006-8185-9336

[2] Doctor Faculty Member, Hatice ERDOĞAN,
Maltepe University, Faculty of Nursing
Buyukbakkalkoy, Maltepe University, Marmara Education Village, 34857 Maltepe
Istanbul/Turkey
Email: haticeerdogan@maltepe.edu.tr
ORCID:https://orcid.org/0000-0001-6376-0267

ÖZET

Ameliyathaneler, yüksek oranlı tıbbi atık üretimi, enerji tüketimi ve sterilizasyon süreçleriyle sağlık hizmetlerinin çevresel yükünün önemli bir bölümünü oluşturur. Atık üretimini azaltma, yeniden kullanılabilir malzemelerin kullanımını artırma ve atıkların geri dönüşümünü teşvik etme gibi stratejiler, sürdürülebilir cerrahi uygulamalarının merkezine yerleşmektedir .Özellikle cerrahi tek kullanımlık setlerin yeniden değerlendirilmesi, geri dönüşüm ayrıştırma sistemlerinin oluşturulması ve operasyon sürecindeki gerekli, gerekli olmayan malzeme ayrımının optimize edilmesi gibi girişimler, hem maliyetleri düşürmekte hem de karbon salınımını azaltmaktadır Türkiye'de yapılan bir çalışmada, ameliyathane personelinin %76'sının atık ayrıştırma farkındalığı olduğu, ancak formal çevresel eğitim eksikliği nedeniyle uygulamada sınırlamalar yaşandığı saptanmıştır .Hemşireler, atık yönetimi politikasının hazırlanmasında, eğitimlerin yürütülmesinde ve sürdürülebilirlik kültürünü yerleştirmede kilit rol oynamaktadır. Bu bağlamda, ameliyathane hemşireliği liderliği; eğitim programlarının geliştirilmesi, kurum içi çevre komitelerinin kurulması ve sürdürülebilirlik göstergelerinin bakım kalitesiyle birlikte izlenmesi açısından kritik önemdedir. Sonuç olarak, "yeşil ameliyathane" yönetimi yalnızca çevresel sorumluluk değil, aynı zamanda hasta güvenliği, bakım kalitesi ve ekonomik verimlilik açısından da stratejik bir fırsattır. Bu alanda ileriye dönük olarak nicel etkilerin (örneğin atık tonajı, maliyet düşüşü, karbon eşdeğeri) izlenmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: ameliyathane atık yönetimi, sürdürülebilir cerrahi, yeşil ameliyathane, karbon ayak izi, çevresel hemşirelik.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Sustainability in Surgical Waste Management: Practices for a Green Operating Room

ABSTRACT

Operating rooms constitute a significant portion of the environmental burden of healthcare services due to their high levels of medical waste generation, energy consumption, and sterilization processes. Strategies such as reducing waste production, increasing the use of reusable materials, and promoting recycling have become central to sustainable surgical practices. In particular, initiatives such as reassessing single-use surgical sets, establishing recycling and waste segregation systems, and optimizing the differentiation between necessary and unnecessary materials during surgical procedures have been shown to reduce both costs and carbon emissions. A study conducted in Türkiye revealed that 76% of operating room personnel were aware of waste segregation; however, the lack of formal environmental training limited effective implementation. Nurses play a key role in developing waste management policies, conducting training programs, and fostering a culture of sustainability. In this context, leadership in perioperative nursing is of critical importance for developing educational programs, establishing institutional environmental committees, and monitoring sustainability indicators alongside quality of care.In conclusion, *green operating room* management represents not only an environmental responsibility but also a strategic opportunity in terms of patient safety, quality of care, and economic efficiency. It is recommended that future efforts focus on monitoring quantitative impacts such as waste tonnage, cost reduction, and carbon equivalence.

Keywords: operating room waste management, sustainable surgery, green operating room, carbon footprint, environmental nursing

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

TÜRK ERKEK POPÜLASYONUNDA ŞİDDETLİ ERKEK TİPİ KELLİK İÇİN TAHMİN MODELİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE DOĞRULANMASI

Dr. Melek ŞENIŞIK

İstanbul Topkapı Üniversitesi Plato Meslek Yüksekokulu, meleksenisik@topkapi.edu.tr - 0000-0002-6093-3174

Doç.Dr. Gönül FİLOĞLU TÜFEK

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, gfoglu@iuc.edu.tr - 0000-0002-8807-317X

Doç.Dr. Özlem BÜLBÜL ERCAN

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, ozlem.bulbulercan@iuc.edu.tr - 0000-0003-2920-7614

Doç.Dr. Gökhan ERSOY

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, gersoy@iuc.edu.tr - 0000-0002-4594-7172

ÖZET

Erkek tipi kellik (Male Pattern Baldness, MPB), genetik ve çevresel faktörlerin etkileşimiyle ortaya çıkan kompleks bir fenotip olup adli DNA fenotipleme (Forensic DNA Phenotyping, FDP) açısından önemli bir dış görünüş belirtecidir. Şüpheli veya kimliği belirsiz bireylerin eşkalini tahmin etmede kullanılabilecek genetik modeller, özellikle karşılaştırma örneğinin bulunmadığı vakalarda adli soruşturmaya katkı sağlayabilmektedir. Bu çalışma, Türk erkek popülasyonunda şiddetli kelliği olan bireyler (Norwood-Hamilton 5–7) ile kelliği olmayan bireyleri (grade 1) ayırt etmeye yönelik yeni bir SNP temelli tahmin modeli sunmaktadır.

Çalışmada 50 yaş ve üzeri 144 erkek katılımcıdan alınan yanak epitel örneklerinden elde edilen SNP profilleri değerlendirilmiştir. MPB ile ilişkili 23 SNP'in bulunduğu panelden lojistik regresyon analizleriyle 9 SNP'lik nihai bir model oluşturulmuştur. Model, eğitim grubunda yüksek duyarlılık (98,5%) ve kabul edilebilir özgüllük (44%) göstermiş, AUC değeri eğitim grubunda 0,897, test grubunda ise 0,777 olarak bulunmuştur. Çok değişkenli analizlerde özellikle WNT10A gen bölgesinin güçlü bir belirteç olduğu görülmüştür.

Türk popülasyonu için geliştirilen ilk MPB tahmin modeli olma özelliğini taşıyan bu çalışma, adli fenotipleme uygulamalarında şiddetli MPB'nin öngörülmesine yönelik değerli bir genetik araç sunmaktadır. Daha geniş yaş aralığında ve farklı kellik derecelerini içeren örneklem büyüklükleriyle yapılacak ileri çalışmalar modelin doğruluğunu artıracaktır.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Anahtar Kelimeler : Erkek Tipi Kellik; Androgenetik Alopesi; Adli DNA Fenotipleme; SNP; Genetik Tahmin Modeli.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

FALSE-POSITIVE RESULTS IN AMPHETAMINE IMMUNOASSAY

Saadi Fatima Zohra

Ahmed Ben Bella University 1.Oran; Algeria

saadizahraatoxico@gmail.com

https://orcid.org/0000-0002-3801-8228

ABSTRACT

Introduction

Urine drug screening (UDS) using immunoassays is widely implemented in clinical and forensic toxicology for the rapid detection of amphetamines. Although these tests offer speed and ease of use, they are limited by significant cross-reactivity, leading to false-positive results that may have clinical, social, or legal consequences. The objective of this work was to identify and summarize the medications most frequently associated with false-positive amphetamine or methamphetamine results on immunoassays.

Material and methods

A literature search was conducted using Google Scholar with the query “What medications can cause a false positive for methamphetamines immunoassay”, without date restriction. Review articles were considered.

Results

The initial search identified 2420 articles, of which the 10 most relevant were included based on methodological quality and completeness of reported cross-reactivity’s.

Across the selected literature, false-positive amphetamine results accounted for 3.9–9.9% of initial positive screens in clinical laboratories. Numerous medications were associated with cross-reactivity, including decongestants, antidepressants and psychotropic agents, several antibiotics), as other drugs. Structural similarities between these compounds and amphetamine-type stimulants were identified as the main cause of interference.

Conclusion

This review highlights the need for cautious interpretation of immunoassay results. Positive UDS findings should be regarded as presumptive and must be confirmed by more specific analytical techniques such as GC–MS or LC–MS/MS. Awareness of potential cross-reacting medications is essential to avoid misdiagnosis, inappropriate treatment decisions, or legal misinterpretation.

Keywords Amphetamines, immunoassay, medications, false positives

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

BİLATERAL LATERAL DİŞ EKSİKLİĞİNİN SİLİKON ANAHTAR DESTEKLİ DİREKT KOMPOZİT RESTORASYON İLE TEK SEANSTA REHABİLİTASYONU: VAKA SUNUMU

Uzman, Safiye Pelin TÜRKYILMAZ
Bağımsız Araştırmacı, pelll_in@hotmail.com – 0000-0001-8367-6425

ÖZET

Giriş: Maksiller lateral diş eksikliği, anterior bölgede estetik asimetri, oran bozukluğu ve gülüş uyumsuzluğuna yol açan sık karşılaşılan bir anomalidir. Minimal invaziv direkt kompozit restorasyonlar, bu tür vakalarda doğal görünümün hızlı ve koruyucu şekilde yeniden kazanılmasına olanak tanır. **Amaç:** Bu vaka sunumunun amacı, bilateral lateral diş eksikliği bulunan bir hastada, diş yüzeyinden hiçbir aşındırma yapılmadan silikon anahtar modeli yardımıyla direkt kompozit restorasyon ile anterior estetiğin yeniden oluşturulmasını değerlendirmektir. **Yöntem:** İlk seansta hastadan silikon ölçü alınmış, alçı model oluşturulup diagnostik wax-up hazırlanmış ve silikon anahtar oluşturulmuştur. İkinci seansta lokal anestezi uygulanmadan, silikon anahtar rehberliğinde palatinal duvar oluşturulmuştur. Lateral eksiklik nedeniyle kaninler lateral morfolojisine dönüştürülmüş, santral dişlere ise boy genişlik oranlarını düzenlemek amacıyla kompozit uygulanmıştır. %37'lik fosforik asit jel (Etching gel, President Dental, Germany), bonding ajan (Clearfil SE Bond, Kuraray Dental, Japan) ve kompozit rezin (Estelite Asteria, Tokuyama Dental, Japan) uygulanarak restorasyonlar tamamlandı. Diskler (Sof-lex, 3M ESPE, USA) kullanılarak bitirme ve polisaj işlemleri yapıldı. **Bulgular:** Tedavi sonrası fotoğraflarda insizal hat uyumunun sağlandığı, gülüş simetrisinin artırıldığı ve anterior estetik bütünlüğün elde edildiği görülmüştür. Bir yıl sonraki kontrol randevusunda restorasyonların stabil olduğu, yüzey bütünlüğünün ve renk uyumunun korunduğu gözlemlenmiştir. **Tartışma ve Sonuç:** Silikon anahtar model yardımıyla direkt kompozit restorasyonlar, lateral diş eksikliği olan vakalarda konservatif, hızlı ve öngörülebilir sonuçlar sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: lateral diş eksikliği, silikon anahtar modeli, kompozit rezin

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

İKİ FARKLI KALÇA ABDÜKTOR VE ADDÜKTÖR HAREKETİNİN KAS KUVVETİ VE KAS VİSKOELASTİK ÖZELLİKLERİNE AİT AKUT ETKİSİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Yüksek Lisans Öğrencisi, Zeki Çetin,
Marmara Üniversitesi, fztzekicetin@gmail.com, 0000-0003-0755-5378
Doç. Dr, İlker Kirisci,
Marmara Üniversitesi, ilker.kirisci@marmara.edu.tr, 0000-0001-5480-9241
Dr. Öğr. Üyesi, Murat Tutar,
İstanbul Gedik Üniversitesi, tutarmurat@gmail.com 0009-0009-1726-7581
Arş. Gör, Tuğçe Yeşilçimen,
İstanbul Gedik Üniversitesi, tugceyesilcimen.123@gmail.com, 0000-0001-5445-2975
Arş. Gör, Nurettin Ersin Uzun,
Rumeli Üniversitesi, ersin.uzun@rumeli.edu.tr, 0000-0003-0525-2701

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı futbolda farklı kalça abdüktor ve addüktör hareketinin kas kuvveti ve kas viskoelastik özelliklerine ait akut etkisinin karşılaştırılmasıdır.

Gereç ve Yöntem: Profesyonel lisanslı olarak futbol oynayan 24 erkek futbolcu rastgele randomize yöntemle adduktor grubu (add, n=8), abduktor grubu (abd, n=8) ve kontrol grubu (n=8) olarak ayrıldı. Çalışma için Rumeli Üniversitesi Etik Kurul Başkanlığından 21.04.2025 tarihli 52063 protokol no ve E-53938333-050-52063) izin alınmıştır. Sporculara sezon içi müsabaka döneminde maçtan sonraki 72. saatte (m+3) testler uygulandı. Sporculara boy, kilo, esneklik, kalça kuvveti ve kas viskoelastik yapısı uygulandı. Sporcuların ilk önce kalça abdüktör ve addüktör kas kuvvetleri ile viskoelastik özellikelerine ait ölçüm alındı ve hemen sonrasında birinci hareketlerini uygulayıp sonrasında hemen aynı ölçümler tekrarlanarak akut etkisine bakıldı.

Bulgular: Adduktor grubunda, Myoton ölçümlerinde Add Sol Ön-Test (t=-2.763; p=0.028), Add Sağ Ön-Test (t=-3.653; p=0.008) ve Pilates Topu Add Sağ Ön-Test (t=-3.944; p=0.006)

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

değişkenlerinde anlamlı farklar saptanmıştır. Groin Bar (kalça) ölçümlerinde ise Add Sol Ön-Test (t=-3.095; p=0.017), Pilates Topu Add Sol Ön-Test (t=-2.461; p=0.043) ve Add Sağ Ön-Test (t=-3.892; p=0.006) değişkenlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. Abduktor grubunda, Myoton ölçümlerinde Abd Sol Ön-Test (t=-2.664; p=0.032) ve Abd Sağ Ön-Test (t=-2.865; p=0.024), Groin Bar (kalça) ölçümlerinde ise Abd Sol Ön-Test (t=-2.941; p=0.022) ve Abd Sağ Ön-Test (t=-3.611; p=0.009) değişkenlerinde anlamlı farklar tespit edilmiştir.

Sonuç: Sonuç olarak, bu çalışma farklı kas gruplarını hedefleyen dört egzersizin birbirini tamamlayıcı etkiler oluşturduğunu göstermektedir. Copenhagen ve Pilates Topu Sıkıştırma egzersizleri adduktor kas grubunda kas sertliği ve izometrik kuvvet artışı sağlarken; Clamshell ve Mini Band egzersizleri abduktor kas grubunda gluteal aktivasyonu ve kas stabilitesini geliştirmiştir.

Anahtar Kelimeler: Addüktör, abdüktör, groin bar, kuvvet, myoton

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ADOLESCENTS' ACCESS AND USE OF SEXUAL AND REPRODUCTIVE HEALTH SERVICES IN ALBANIA

Zamira Cabiri,

University of Elbasan, Albania.zamira.cabiri@uniel.edu.al https://orcid.org/0000-0001-9486-8289;

Brunilda Mehilli,

University of Elbasan, Albania, brunilda.mehilli@uniel.edu.al; https://orcid.org/0009-0000-7232-9460

Background: Adolescents face multiple challenges in accessing sexual and reproductive health (SRH) information and services, influenced by social, cultural, and structural factors. Understanding knowledge, barriers, and socio-demographic determinants is essential for improving youth interventions and policies.

Aim: To assess the knowledge, access, and use of SRH services by adolescents in Albania and the factors that influence them.

Methodology: A descriptive cross-sectional study was conducted with 539 adolescents aged 18–19 from three universities (Elbasan, Durrës, Shkodër). Data were collected on demographic characteristics, sources of information, communication with parents, use of services, and perceptions of barriers. Descriptive analyses and chi-square tests were applied.

Results: The majority (59.4%) first learned about SHRS at the age of 13–15, primarily through school (68%). Communication with parents was limited (only 11% reported regular conversations). Accessibility was better in urban areas, but residence and gender were not significantly associated with the use of most services. The main barriers included distrust in confidentiality (89.9%), fear of exposure to others (50%), and the perception that staff did not provide quality service (50%). Perception of discrimination has a significant impact on trust in equal access.

Conclusion: The results highlight the need for more structured sexual and reproductive education, increased family communication, and the provision of confidential, accessible, and youth-oriented services.

Keywords: adolescent health, sexual and reproductive health, access, barriers, Albania.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

CREATIVE INDUSTRIES: AN INDUSTRIAL DESIGN ENGINEERING APPROACH

Asst. Prof. Fatma Nazlı Özsolak[1]
Erciyes University, fnsari@gmail.com - https://orcid.org/0000-0001-6312-8675
Yunus CANBEK[2]
Erciyes University,canbekyunus@gmail.com - https://orcid.org/0009-0000-6072-1609

ABSTRACT

Overview and Objective:

Blending the disciplines of design and engineering plays a pivotal role in stimulating creativity and maintaining a competitive stance in today's innovation-driven industries. This research focuses on the application of an industrial design engineering framework enhanced by artificial intelligence-based generative design techniques to develop motorcycle brake caliper brackets. The goal is to produce three distinctly optimized bracket models, each tailored to a different fabrication method, namely CNC machining, metal casting, and additive manufacturing (3D printing). By addressing the specific geometric and material demands of each production route, the project seeks to achieve optimal functionality, visual quality, and efficiency. Technologies like digital modeling, rapid prototyping, and AI-guided design support the swift creation of novel, adaptable concepts.

Approach and Methodology:

The design process began by identifying both the physical forces acting on the caliper bracket and the spatial limitations it must conform to. These inputs, along with constraints unique to each manufacturing process, were entered into AI-powered generative design software. The system then produced three optimized bracket concepts: a streamlined version for CNC production, a mold-friendly model for casting, and a lightweight, structurally intricate design for 3D printing. All variants were detailed using professional CAD software and fabricated using rapid prototyping methods for physical evaluation. The designs were assessed on metrics including performance, visual design, cost efficiency, and fabrication speed.

Findings:

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

Each generated design aligned well with its intended manufacturing technique, showcasing the respective strengths of each process. The CNC-specific design emphasized simplicity and reduced waste. The cast version was optimized for uniform material flow and ease of molding. The 3D-printed model featured innovative internal architecture to minimize weight while allowing for creative form development. All three concepts were tested for feasibility in production, and comparative assessments of cost and time were carried out.

Conclusion and Insights:

The study highlights the value of integrating intelligent computational tools within industrial design engineering to support product innovation in creative sectors. Customizing designs for specific production pathways enables the realization of efficient and high-performing components. This strategy not only improves design adaptability but also addresses the practical needs of modern manufacturing. Looking forward, future research can explore environmentally responsible materials and hybrid production strategies to further advance sustainable and human-centered product development.

Keywords: Integrated Design Engineering, Industrial Design Engineering, AI in Manufacturing, Brake System Components, Smart Design Methods, CNC Optimization, Digital Fabrication, Product Innovation, Lightweight Structures, Rapid Manufacturing

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

TANZİMAT SONRASI İSTANBUL'DA KADIN MEKÂNLARININ KENTSEL BAĞLAMDA DAĞILIMI (1840–1910)

WOMEN'S SPACES İN ISTANBUL AFTER THE TANZİMAT: URBAN DİSTRİBUTİON İN THE 1840–1910 PERİOD

Yüksek Lisans Öğrencisi Mimar Tuğba SİYAH

Düzce Üniversitesi, tugbasiiyah@ogr.duzce.edu.tr , ORCID: 0009-0001-3895-0445

Öğr. Gör. Dr. Büşranur GÜLEÇ DEMİREL

Düzce Üniversitesi, busrademirel@duzce.edu.tr , ORCID: 0000-0001-6409-4630

ÖZET

Tanzimat sonrasında Osmanlı İmparatorluğu'nda kadınların kamusal yaşama görünür biçimde dâhil olmasını sağlayan mimari ve kentsel ölçekteki dönüşüm bu çalışma kapsamında incelenmektedir. 1840–1910 yılları arasında İstanbul'da kadınlara yönelik olarak inşa edilen ve dönüştürülen kurumlar –kız rüşdiyeleri, Dârülmuallimât-ı İnas, doğumevleri, kadın koğuşu bulunan hastaneler ile kadınların kullanımına ayrılan sosyokültürel ve dinî mekânlar– araştırmanın odağını oluşturmaktadır.

Bu yapılara ilişkin inşa tarihleri, işlevleri ve kent içindeki dağılımları; Dersaadet Sigorta Haritaları (Goad ve Pervititch), Huber haritaları, dönem fotoğrafları ve arşiv planları kullanılarak belirlenmiştir. Elde edilen veriler bu haritalar üzerine işlenmiş ve kadın mekânlarının özellikle Fatih ve Üsküdar çevresinde yoğunlaştığı görülmüştür. Ayrıca bu mekânların modernleşme sürecinin yönlendirdiği ulaşım aksları, idarî merkezler ve eğitim bölgeleriyle mekânsal bağlarının güçlendiği tespit edilmiştir.

Çalışmanın sonuçlarına göre, Tanzimat sonrasında kadınlara yönelik eğitim, sağlık ve sosyokültürel kurumların kentte belirli odaklarda yoğunlaşması, İstanbul'da kadınların kentsel görünürlüğünü sistematik biçimde artırmış; bu kurumlar aynı zamanda Osmanlı modernleşmesinin toplumsal cinsiyet boyutunu yansıtan yeni bir mimari ve kamusal temsil biçimi ortaya koymuştur. Böylece modernleşme politikalarının yalnızca toplumsal yapıyı değil, kadın mekânlarının kentsel ölçekte yeniden konumlanmasını ve anlam kazanmasını da şekillendirdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İstanbul, Tanzimat mimarlığı, Osmanlı modernleşmesi, kadın mekânları, kız rüşdiyeleri, Dârülmuallimât

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ABSTRACT

The architectural and urban transformations that made it possible for women to become visibly included in public life in the Ottoman Empire after the Tanzimat period are examined within the scope of this study. Between 1840 and 1910, institutions built or reorganized for women in Istanbul—girls' rüşdiye schools, the Dârülmuallimât-ı İnas (Female Teachers' School), maternity hospitals, hospitals with women's wards, and sociocultural and religious spaces allocated for women—constitute the main focus of the research.

The construction dates, functions, and urban distribution of these buildings were determined using Dersaadet Insurance Maps (Goad and Pervititch), Huber maps, period photographs, and archival architectural plans. The collected data were mapped onto these historical cartographies, revealing that women's spaces were particularly concentrated around the districts of Fatih and Üsküdar. It was also identified that these spaces developed strong spatial connections with transportation routes, administrative centers, and emerging educational zones shaped by modernization.

According to the findings, the concentration of educational, healthcare, and sociocultural institutions for women in specific urban nodes after the Tanzimat systematically increased women's visibility in Istanbul's public sphere. These institutions simultaneously introduced a new architectural and public representational form that reflected the gendered dimension of Ottoman modernization. Thus, it is concluded that modernization policies not only reshaped the social structure but also redefined the urban positioning and meaning of women's spaces on a metropolitan scale.

Keywords: Istanbul, Tanzimat architecture, Ottoman modernization, women's spaces, girls' rüşdiye schools, Dârülmuallimât (School of Female Teachers)

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

TANZİMAT DÖNEMİ İSTANBUL'DA YAPI CEPHELERİNDE AYDINLATMANIN MEKÂNSAL VE MİMARİ KATKILARI: BEYOĞLU-PERA ÖRNEĞİ

THE SPATIAL AND ARCHITECTURAL CONTRIBUTIONS OF LIGHTING ON BUILDING FACADES IN TANZIMAT-ERA ISTANBUL: THE BEYOĞLU-PERA EXAMPLE

Yüksek Lisans Öğrencisi Mimar Ceren EDREMİT
Düzce Üniversitesi, cerenedremit@gmail.com , ORCID: 0009-0004-5250-219X

Öğr. Gör. Dr. Büşranur GÜLEÇ DEMİREL
Düzce Üniversitesi, busrademirel@duzce.edu.tr , ORCID: 0000-0001-6409-4630

ÖZET

Tanzimat dönemiyle birlikte İstanbul'da hayata geçirilen modernleşme uygulamalarının en görünür örneklerinden biri, kentsel çevrenin aydınlatma yoluyla yeniden biçimlendirilmesidir. 19. yüzyıl ortalarından itibaren gaz lambalarının cadde ve meydanlarda kullanılmaya başlanması ve ilerleyen yıllarda elektrikli aydınlatmanın yaygınlaşması, yalnızca teknik bir yenilik değil; kentsel mekânın gece deneyimini dönüştüren güçlü bir müdahale niteliği taşımıştır. Bu çalışma, söz konusu dönüşümü Beyoğlu–Pera hattı özelinde ele alarak, yapı cephelerinin gece görünürlüğünün artmasıyla birlikte mimari öğelerin, detayların ve yüzey karakterinin nasıl yeniden algılanabilir hâle geldiğini incelemektedir. Araştırmanın yöntemi, tarihsel-kuramsal analiz, arşiv ve görsel belge taraması, dönem fotoğraflarının karşılaştırmalı okunması ve cephe aydınlatmasının mekânsal etkilerine ilişkin nitel gözlem tekniklerine dayanmaktadır. Bu yöntemsel yaklaşım, aydınlatma teknolojilerinin cephe algısı üzerindeki etkilerini tarihsel bağlam içinde çözümlemeyi; ışığın, geleneksel kent dokusu ile Batılılaşma sürecinin mimari yönelimleri arasındaki ilişkiyi nasıl görünür kıldığını ortaya koymayı amaçlamaktadır. Çalışma, Tanzimat İstanbul'unda mekânsal aydınlatmanın estetik bir unsurun ötesine geçtiğini göstermiştir. Aydınlatma sayesinde Beyoğlu–Pera'daki mimari öğeler, detaylar ve yüzey karakteri gece vakitlerinde yeniden algılanabilir hâle gelmiştir. Bu durum, mimari temsili güçlendirmiş ve kentsel kimliğin dönüşümüne katkı sağlamıştır. Ayrıca modernleşme söylemini görünür kılmış ve gece kullanımını artırarak mekânın aktiflik süresini uzatmıştır.

Anahtar Kelimeler : Tanzimat Dönemi , İstanbul , Kentsel Modernleşme , Gaz Lambaları , Elektrik , Mekansal Aydınlatma , Batılılaşma.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ABSTRACT

One of the most visible examples of the modernization practices implemented in Istanbul during the Tanzimat period is the reshaping of the urban environment through lighting. The introduction of gas lamps in streets and squares from the mid-19th century, and the widespread use of electric lighting in the following years, were not merely technical innovations; they were powerful interventions that transformed the nighttime experience of urban space. This study examines this transformation specifically in the Beyoğlu–Pera line, examining how architectural elements, details, and surface characteristics became perceptible again with the increased nighttime visibility of building facades. The research methodology is based on historical-theoretical analysis, archival and visual document review, comparative reading of period photographs, and qualitative observations of the spatial effects of façade lighting. This methodological approach aims to analyze the effects of lighting technologies on façade perception within a historical context and to reveal how light made visible the relationship between traditional urban fabric and the architectural trends of the Westernization process. The study demonstrates that spatial lighting in Tanzimat Istanbul went beyond an aesthetic element. Thanks to lighting, the architectural elements, details, and surface characteristics of Beyoğlu–Pera have become perceptible again at night. This has strengthened architectural representation and contributed to the transformation of urban identity. It has also made the discourse of modernization visible and increased nighttime use, extending the space's active duration.

Keywords: Tanzimat Period, Istanbul, Urban modernization, Gas lamps, Electricity, Spatial Lighting, Westernization.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

GENE EXPRESSION PATTERNS ASSOCIATED WITH RIPENING AND QUALITY TRAITS IN HORTICULTURAL CROPS

Assoc. Prof. Dr. Müjgan GÜNEY

Yozgat Bozok University, mujgan.guney@yobu.edu.tr - ORCID ID: 0000-0001-5491-1430

Lec. Dr. Selcan ÖZYALIN

Yozgat Bozok University, selcan.ozyalin@yobu.edu.tr - ORCID ID: 0000-0003-4831-8600

Assist. Prof. Dr. Gökçe AYDÖNER ÇOBAN

Yozgat Bozok University, gokce.aydoner@yobu.edu.tr- ORCID ID: 0000-0002-0851-8803

Assoc. Prof. Dr. Muhammet Ali GÜNDEŞLİ

Kahramanmaraş İstiklal University, maligun4646@gmail.com - ORCID ID: 0000-0002-7145-1875

ABSTRACT

The ripening process in horticultural crops is a highly regulated developmental phase that determines key quality traits, including color, flavor, texture, sugar-to-acid balance, and nutritional value. Advances in transcriptomics and functional genomics show that these traits are shaped by coordinated changes in gene expression. Hormones, transcription factors, epigenetic marks, and metabolic pathways collectively guide the progression of ripening. Studies in tomato demonstrate that large sets of genes shift their activity as ripening progresses, influencing pigment formation, sugar and acid levels, and cell wall softening. Ethylene acts as the primary hormonal regulator in climacteric species, while abscisic acid is a central molecule in non-climacteric ones. These signals interact with major transcription factors such as RIN, CNR, NOR, and HY5, while DNA methylation and histone modifications adjust the timing and intensity of gene activation. Comparative analyses across melon, citrus, grape, and other horticultural crops reveal both conserved and species-specific regulatory mechanisms. Many quality traits, including sweetness, aroma, and firmness, are linked to modules of co-expressed genes involving sugar transporters, cell-wall-modifying enzymes, and regulatory kinases that coordinate metabolic transitions. These insights highlight strong opportunities for improving quality traits through molecular breeding approaches targeting key genes and regulatory networks. Remaining challenges include understanding post-transcriptional regulation, environmental influences, and cultivar-dependent differences.

Keywords: Gene Expression, Hormons, Metabolic pathways, Quality, Transcriptomic Factors.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

BIOACTIVE VALUE, USES, AND RECENT BREEDING ADVANCES OF *Arbutus unedo* (STRAWBERRY TREE)

Assoc. Prof. Dr. Müjgan GÜNEY

Yozgat Bozok University, mujgan.guney@yobu.edu.tr - ORCID ID: 0000-0001-5491-1430

Assist. Prof. Dr. Gökçe AYDÖNER ÇOBAN

Yozgat Bozok University, gokce.aydoner@yobu.edu.tr- ORCID ID: 0000-0002-0851-8803

Assoc. Prof. Dr. Hakan KELES

Yozgat Bozok University, hakan.keles@yobu.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-8225-931X

Assoc. Prof. Dr. Servet ARAS

Yozgat Bozok University, servet.aras@yobu.edu.tr - ORCID ID: 0000-0002-0347-6552

ABSTRACT

Arbutus unedo L., commonly known as the strawberry tree, is an evergreen Mediterranean species valued for its ecological resilience and bioactive-rich fruits. The plant naturally thrives in dry, rocky, and nutrient-poor soils and is capable of tolerating fluctuations in temperature and drought, making it an important species for soil stabilization and landscape restoration. Its fruits, leaves, and honey contain high levels of phenolic compounds, flavonoids, iridoids, vitamins (particularly vitamin C and E), and dietary fiber, which contribute to notable antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial, and potential neuroprotective activities. Several studies have highlighted that leaves often possess higher phenolic concentrations than fruits, while fruit extracts demonstrate strong antioxidant capacity and possible antidiabetic and cardioprotective effects. These properties support the growing interest in *A. unedo* as a functional food and nutraceutical resource. Despite its ecological significance and chemical richness, the species faces several cultivation limitations, including low and variable fruit yield, strong genotype-dependent responses to stress, and limited development of improved cultivars. Conventional propagation is challenging, and few commercial cultivars have been released. Recent advances in molecular characterization, in vitro micropropagation, and physiological–metabolic profiling have opened new breeding opportunities, particularly for drought tolerance. Modern breeding and biotechnological tools are helping to overcome the main limitations in its cultivation and use, but fully exploiting its potential will require integrating genetics, physiology, and value-chain development.

Keywords: Bioactive Compounds, Breeding strategies, Strawberry tree, underutilized species.

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ASSESSING THE IMPACT OF TELEMEDICINE ON RURAL HEALTHCARE ACCESS IN GERMANY

Prof. Dr. Stefan Becker
University of Heidelberg, Germany

ABSTRACT

The equitable provision of healthcare services remains a significant challenge in the rural regions of Germany due to factors such as long distances to specialized medical centers, physician shortages, and an aging population. Telemedicine has been proposed as a transformative solution to bridge these geographical and structural gaps by improving accessibility and efficiency. This study aims to comprehensively assess the current impact of telemedicine applications (e.g., remote consultations, e-prescribing, remote monitoring) on healthcare access and utilization patterns within German rural communities.

A mixed-methods approach was employed, combining a quantitative analysis of healthcare utilization data from five distinct rural districts over a three-year period (2022–2024) with qualitative data derived from semi-structured interviews with patients, general practitioners, and health insurance representatives. The quantitative analysis focused on key metrics, including the reduction in travel distance for specialist appointments, the frequency of chronic disease management check-ups, and emergency room utilization rates for treatable conditions. The qualitative phase explored perceived barriers (e.g., digital literacy, data security concerns) and enablers (e.g., convenience, timely care) of telemedicine adoption.

Preliminary quantitative results indicate that the introduction of subsidized telemedicine services was associated with a 25% increase in timely specialist consultations for patients living more than $50\ km$ from a major urban center. Furthermore, remote monitoring programs showed a promising correlation with a 15% reduction in preventable hospitalizations for patients with heart failure. Qualitative findings highlight the strong demand for hybrid care models that combine digital convenience with the option for in-person visits. The primary barrier identified was the lack of reliable high-speed internet infrastructure in the most remote areas.

In conclusion, telemedicine offers a viable and effective strategy for enhancing healthcare accessibility in rural Germany, but its full potential can only be realized through concurrent investment in digital infrastructure and targeted training programs for both patients and providers.

Key words: Telemedicine, Rural Healthcare, Healthcare Access, Germany, Digital Health, Health Equity

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

INVESTIGATING THE RELATIONSHIP BETWEEN AIR POLLUTION AND RESPIRATORY DISEASE PREVALENCE IN BERLIN

Prof. Dr. Stefan Becker
University of Heidelberg, Germany
Dr. Thomas Schneider
Charité – Universitätsmedizin Berlin, Germany
Assis. Prof. Dr. Katharina Lehmann
Technical University of Munich, Germany

ABSTRACT

Exposure to air pollution is a globally recognized public health concern, with substantial evidence linking it to adverse respiratory outcomes. Urban centers, such as Berlin, often experience elevated levels of atmospheric pollutants due to traffic, industry, and population density, making their inhabitants particularly vulnerable. This study aimed to investigate the direct relationship between fluctuations in ambient air pollutant concentrations (specifically particulate matter ($PM_{2.5}$ and PM_{10}), nitrogen dioxide (NO_2), and ozone (O_3)) and the temporal prevalence of common respiratory diseases (e.g., asthma exacerbations, Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) admissions, and acute bronchitis diagnoses) among the Berlin population over a five-year period (2020–2024).

A retrospective ecological study design was employed, integrating publicly available daily air quality data from official monitoring stations with anonymized, aggregated patient data on respiratory disease incidence sourced from major Berlin hospitals and primary care facilities. Time-series analyses using generalized additive models (GAMs) were performed, controlling for potential confounding factors such as seasonal variations, temperature, and influenza epidemics. Preliminary findings indicate a statistically significant positive correlation between short-term increases in $PM_{2.5}$ and NO_2 levels and subsequent spikes in hospital admissions for asthma and COPD, particularly in elderly populations and young children. For every $10\ \mu g/m^3$ increase in daily $PM_{2.5}$ concentration, a 3.5% increase in emergency department visits for acute respiratory distress was observed ($p<0.01$).

These results underscore the critical impact of urban air quality on respiratory health in Berlin, providing crucial epidemiological evidence to support and inform local public health policy interventions aimed at reducing air pollutant emissions. Furthermore, the findings highlight the need for enhanced environmental surveillance and targeted healthcare strategies during periods of poor air quality.

Key words: Air Pollution, Respiratory Disease, Berlin, Epidemiology, Particulate Matter, NO_2

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

PREVALENCE AND SOCIOECONOMIC FACTORS IN MALARIA CONTROL EFFORTS AMONG ERITREAN SCHOOLCHILDREN

Dr. Selam Tesfay
Asmara College of Health Sciences, Eritrea
Mebrahtu Berhane
Orotta School of Medicine, Eritrea

ABSTRACT

Despite significant global progress, malaria remains a major public health burden in many sub-Saharan African countries, including Eritrea. School-aged children represent a highly vulnerable group, often exhibiting asymptomatic infections that contribute to transmission and suffering from educational and developmental setbacks due to the disease. This study aimed to determine the current prevalence of malaria infection and assess the influence of key socioeconomic factors (SEFs) on the effectiveness of existing control efforts among schoolchildren in selected regions of Eritrea.

A cross-sectional study was conducted across 30 primary schools in malaria-endemic areas, involving $2,500$ schoolchildren aged 6 to 14 years. Malaria infection status was determined using both Rapid Diagnostic Tests (RDTs) and microscopy of blood smears. A structured questionnaire was administered to the children's parents/guardians to collect data on SEFs, including household income, parental education level, housing structure, and access to and use of Insecticide-Treated Nets (ITNs). Multivariate logistic regression models were used to identify independent predictors of infection.

The overall prevalence of malaria was found to be 8.2%, with significant regional variations observed. Key SEFs were strongly associated with infection risk. Children from households with lower parental education (primary level or less) were 2.5 times more likely to test positive for malaria compared to those with secondary or higher education ($OR=2.5,\ 95\%$ CI: 1.8–3.4$). Furthermore, inconsistent use of ITNs (defined as use <7 nights/week) was associated with a 65% higher risk of infection. Access to healthcare and distance from the nearest health facility were also significant predictors.

The findings highlight that while malaria control programs are having an effect, socioeconomic disparities continue to undermine overall elimination efforts. Effective control strategies in Eritrea must integrate health interventions with poverty reduction and education initiatives to achieve sustained malaria reduction among schoolchildren.

Key words: Malaria, Eritrea, Schoolchildren, Prevalence, Socioeconomic Factors, Control Efforts

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

MATERNAL AND NEONATAL HEALTH OUTCOMES AFTER COMMUNITY-BASED INTERVENTIONS IN ASMARA

Assoc. Prof. Dr. Abeba Tsehaye

Asmara College of Health Sciences, Eritrea

Dr. Semhar Fissehatsion

Orotta School of Medicine, Eritrea

ABSTRACT

Improving Maternal and Neonatal Health (MNH) outcomes remains a global priority, particularly in developing nations where access to facility-based care can be limited. Community-Based Interventions (CBIs), which involve local health workers delivering essential care and education, are recognized as a cost-effective strategy to reach vulnerable populations. This study aimed to evaluate the impact of a comprehensive package of CBIs on MNH outcomes in underserved peri-urban communities within Asmara, Eritrea.

A quasi-experimental study design was implemented, comparing MNH indicators in four intervention communities ($n=800$ pregnant women) that received the CBI package (including community health worker home visits, promotion of antenatal care (ANC) and skilled birth attendance (SBA), and post-natal care education) against four control communities ($n=750$ pregnant women) that received standard care over a two-year period (2023–2024). Primary outcomes measured included the rate of SBA, utilization of ≥ 4 ANC visits, and the incidence of neonatal mortality (NMR) and maternal mortality (MMR).

Results demonstrated a significant positive impact of the CBI package. The rate of Skilled Birth Attendance in the intervention group increased from a baseline of 62% to 85% (an improvement of 23 percentage points), while the control group only saw a marginal increase to 68%. Utilization of ≥ 4 ANC visits was also substantially higher in the intervention group (78% vs 55%). Critically, the Neonatal Mortality Rate (NMR) was significantly lower in the intervention communities (21 per 1,000 live births) compared to the control communities (35 per 1,000 live births, $p<0.05$). No statistically significant difference in MMR was detected, likely due to the low baseline rate.

The findings strongly support the scaling up of this evidence-based Community-Based Intervention package as a vital strategy for improving maternal and neonatal survival rates in peri-urban settings like Asmara.

Key words: Maternal Health, Neonatal Health, Community-Based Intervention, Skilled Birth Attendance, Asmara, Public Health

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ARDIOVASCULAR DISEASE PREVENTION STRATEGIES IN SERBIAN PRIMARY CARE: AN EPIDEMIOLOGICAL STUDY

Prof. Dr. Nikola Jovanovic
Dr. Milena Petrovic
Assis. Prof. Dr. Stefan Cvetkovic
Dr. Danijela Markovic
University of Belgrade Faculty of Medicine, Serbia

ABSTRACT

Cardiovascular Diseases (CVDs) remain the leading cause of morbidity and mortality in Serbia, placing a substantial burden on the healthcare system. Effective primary prevention, centered in primary care (PC) settings, is crucial for reducing this national health challenge. This epidemiological study aimed to evaluate the current implementation, adherence, and effectiveness of established CVD prevention strategies within the Serbian primary care network.

A mixed-methods study was conducted involving 150 primary care physicians (PCPs) across four major Serbian cities (Belgrade, Novi Sad, Niš, and Kragujevac). The quantitative phase utilized a cross-sectional survey to assess the PCPs' reported adherence to national and international guidelines for risk factor screening (e.g., hypertension, dyslipidemia, diabetes) and lifestyle counseling (e.g., smoking cessation, physical activity). The effectiveness was measured by analyzing aggregated patient electronic health records ($n=5,000$ patients) to determine the proportion of high-risk patients achieving target blood pressure and cholesterol levels. The qualitative phase involved focus groups with PCPs to identify systemic barriers to optimal implementation.

Results revealed high reported adherence to medication prescribing guidelines ($>85\%$), but significantly lower adherence to lifestyle counseling and standardized risk assessment protocols ($<60\%$). Data from patient records showed that only 42% of patients with established hypertension were maintained at the recommended target blood pressure of $<140/90\ mmHg$. Key barriers identified in the focus groups included a lack of time during patient encounters, insufficient collaboration with specialized health promotion services, and patients' low health literacy regarding modifiable risk factors.

The study concludes that significant gaps exist in the execution of comprehensive CVD prevention strategies in Serbian primary care, particularly in non-pharmacological interventions. Recommendations include mandatory training on motivational interviewing and enhanced integration of health promoters within PC teams to optimize prevention efforts.

Key words: Cardiovascular Disease, Primary Care, Prevention Strategies, Serbia, Epidemiology, Risk Factor Management

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

EVALUATING MENTAL HEALTH SERVICES CAPACITY AND ACCESSIBILITY IN SOUTHERN SERBIA

Assis. Prof. Dr. Jelena Milenkovic

University of Kragujevac, Serbia

ABSTRACT

The capacity and accessibility of mental health services (MHS) are vital components of a robust public health system. In Southern Serbia, persistent reports suggest potential regional disparities and systemic challenges in service provision. This study aimed to comprehensively evaluate the current capacity of MHS and assess the key factors affecting their accessibility for the general population in the Southern Serbian region.

A descriptive, cross-sectional study was conducted across seven districts in Southern Serbia. The capacity assessment involved collecting data from official governmental sources on the number of registered mental health professionals (psychiatrists, psychologists, psychiatric nurses) per 100,000 inhabitants and the availability of specialized facilities (inpatient and outpatient clinics). Accessibility was evaluated using a mixed-methods approach: quantitative data included patient waiting times and geographical distribution of services, while qualitative data was gathered through interviews with 40 patients and 20 service providers.

The capacity analysis revealed that the number of psychiatrists per 100,000 inhabitants in Southern Serbia (≈ 7.5) was significantly lower than the national average (≈ 12.0). Furthermore, there was a pronounced concentration of specialized services in the city of Niš, leaving remote and rural areas severely underserved. The quantitative accessibility data showed average waiting times for a first appointment with a public-sector psychiatrist to be over 6 weeks. Qualitative interviews highlighted pervasive issues, including stigma as a major barrier to seeking help, inadequate public transport options to facilities, and a perception that available services were primarily focused on severe, chronic conditions rather than preventative or early intervention support.

The findings confirm critical deficits in both the capacity and accessibility of mental health services in Southern Serbia. Urgent policy and investment decisions are needed to decentralize services, increase the mental health workforce, and implement effective anti-stigma campaigns to ensure equitable access to care.

Key words: Mental Health Services, Accessibility, Capacity, Southern Serbia, Stigma, Public Health

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

VACCINATION COVERAGE AND INFECTION RATES AMONG CHILDREN IN CAIRO SCHOOLS

Dr. Amal El-Gohary
Prof. Dr. Mahmoud Hassan
Assis. Prof. Dr. Salma Bakr
Cairo University, Egypt

ABSTRACT

Maintaining high vaccination coverage among school-aged children is fundamental to preventing the resurgence and spread of vaccine-preventable diseases (VPDs). In a high-density urban environment like Cairo, monitoring coverage and its direct relationship with infection rates is critical for public health planning. This study aimed to assess the current vaccination coverage for key VPDs (Measles, Mumps, Rubella (MMR); Diphtheria, Tetanus, Pertussis (DTP); and Polio) and investigate its correlation with reported infection rates among children attending public and private schools in Cairo.

A cross-sectional, multi-stage cluster sampling study was conducted, involving $5,000$ children aged 6–12 years across 50 schools in different districts of Cairo. Vaccination status was verified by examining official health records and interviewing parents. Simultaneously, historical school health office data over the past three academic years (2022–2024) were collected to establish the incidence rates of selected VPDs. Regression analysis was used to model the relationship between coverage rates and infection incidence.

The study found a generally high but variable primary immunization coverage, with MMR coverage averaging 91% and DTP coverage averaging 88%. However, coverage for subsequent booster doses showed a significant drop-off, particularly in certain low-income public schools. The analysis revealed a strong inverse correlation between the booster dose coverage and the incidence of sporadic outbreaks; areas with a booster coverage below 85% experienced statistically higher clusters of mumps and pertussis cases. Furthermore, parental perception of vaccine safety and the lack of a standardized tracking system were identified as major barriers to completing the full immunization schedule.

The results confirm that while Cairo has achieved commendable primary coverage levels, the vulnerability of the population remains due to suboptimal booster vaccination rates. Public health efforts must now focus on strengthening the tracking and recall system for school-aged children to ensure complete adherence to the national immunization schedule and thus maintain herd immunity.

Key words: Vaccination Coverage, Infection Rates, Cairo, Schoolchildren, Public Health, Immunization Schedule

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

BARRIERS TO WOMEN'S CANCER SCREENING PARTICIPATION IN EGYPT: A MULTICENTER STUDY

Assoc. Prof. Dr. Maha Fathy

Cairo University, Egypt

Dr. Nour El-Din Hassan

Ain Shams University, Egypt

ABSTRACT

Cancer screening (particularly for breast and cervical cancer) is crucial for early detection, which significantly improves treatment outcomes and survival rates. However, participation rates among women in Egypt remain low compared to global benchmarks. This multicenter study aimed to comprehensively identify and categorize the key barriers that impede women's participation in organized breast and cervical cancer screening programs across various socio-demographic settings in Egypt.

A mixed-methods study was conducted across three distinct governorates (representing urban, peri-urban, and rural areas). The quantitative phase involved a structured survey administered to $1,200$ women aged 40–65, assessing their knowledge, attitudes, and reported screening behaviors. The qualitative phase involved 10 focus group discussions with non-participants to gain in-depth insight into their reasons for non-attendance. Barriers were categorized into individual, sociocultural, and health system factors.

Quantitative results showed that only 35% of surveyed women had ever received a mammogram, and only 18% had ever received a Pap smear. The three most frequently reported barriers were: 1) Individual/Knowledge: Lack of awareness about when and where to get screened (reported by 55% of non-participants); 2) Sociocultural: Fear of a positive diagnosis and associated social stigma (reported by 48%); and 3) Health System: Inconvenient clinic hours and the financial cost of transportation (reported by 40%). Qualitative data reinforced the profound role of cultural modesty and the preference for female healthcare providers as critical factors in the decision-making process.

The study clearly demonstrates that cancer screening participation in Egypt is hindered by a complex interplay of factors that extend beyond simple access. Policy recommendations include the need for nationwide, culturally-sensitive public awareness campaigns, greater integration of female providers into screening programs, and the implementation of mobile screening units to reduce geographical and financial barriers.

Key words: Cancer Screening, Barriers, Women's Health, Egypt, Breast Cancer, Cervical Cancer

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

HEALTH PROMOTION STRATEGIES FOR DIABETES PREVENTION AMONG EGYPTIAN ADOLESCENTS

Yasmine Elbia

Alexandria University, Egypt

Dr. Mohamed Khalil

Ain Shams University, Egypt

Assis. Prof. Dr. Salma Bakr

Cairo University, Egypt

ABSTRACT

The prevalence of Type 2 Diabetes Mellitus (T2DM) is rising globally, and this trend is increasingly mirrored in younger populations in countries like Egypt. Adolescence represents a critical window for intervention, as lifestyle habits formed during this period often persist into adulthood. This study aimed to design, implement, and evaluate the effectiveness of a targeted health promotion strategy focused on diabetes prevention among Egyptian adolescents.

A quasi-experimental, pre-test/post-test design was utilized. 300 high school students (aged 14–17) from two different schools in Alexandria were divided into an intervention group ($n=150$) and a control group ($n=150$). The intervention group participated in an eight-week, school-based health promotion program focusing on nutrition education (reducing high-sugar intake, increasing fiber), promoting daily physical activity (at least 60 minutes), and stress management. The control group received standard school health education. Knowledge, attitudes, and key behavioral indicators (e.g., consumption of sugary drinks, self-reported weekly exercise) were assessed pre- and three months post-intervention.

Post-intervention results showed a statistically significant improvement in the intervention group compared to the control group. The mean score for knowledge about diabetes risk factors increased by 28% in the intervention group ($p<0.001$). Furthermore, self-reported weekly consumption of sugary soft drinks decreased by an average of 40%, and the percentage of adolescents meeting the minimum physical activity recommendations increased from 32% to 58%. Crucially, changes in attitude towards proactive health management were also positively affected, indicating greater self-efficacy for lifestyle changes.

The findings demonstrate the potential for structured, school-based health promotion strategies to effectively enhance knowledge, shift attitudes, and modify high-risk behaviors for diabetes prevention among Egyptian adolescents. Scaling this program nationwide could be a vital component of Egypt’s non-communicable disease control efforts.

Key words: Diabetes Prevention, Health Promotion, Adolescents, Egypt, School-Based Intervention, Lifestyle Modification

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

MOLECULAR CHARACTERIZATION AND ANTIBIOTIC RESISTANCE PATTERNS IN ESCHERICHIA COLI ISOLATED FROM DAIRY HERDS

Fariba Shafiei
Department of Microbiology, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Iran
Prof. Dr. Amir Hosseini
Department of Microbiology, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Iran

ABSTRACT

Escherichia coli is a significant pathogen in dairy herds, affecting animal health and posing risks to public health due to antibiotic resistance. This study aimed to molecularly characterize E. coli isolates from dairy cattle and evaluate their antibiotic resistance profiles. Samples were collected from multiple herds and subjected to PCR-based genotyping to identify virulence and resistance genes. Antibiotic susceptibility testing was performed using standardized disk diffusion methods against commonly used antimicrobials in veterinary and human medicine. Results revealed diverse genetic profiles with a high prevalence of resistance determinants, including extended-spectrum beta-lactamase (ESBL) genes. Multidrug resistance was common, emphasizing the challenge of treatment in dairy settings. The findings highlight the urgent need for surveillance programs and prudent use of antibiotics to mitigate the spread of resistant strains, ensuring both animal welfare and food safety. This research contributes to the understanding of resistance mechanisms in dairy herd pathogens and suggests strategies for improved antimicrobial stewardship.

Key words: Escherichia coli, antibiotic resistance, dairy cattle, molecular characterization

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

PREVALENCE OF TOXOPLASMOSIS IN SMALL RUMINANTS: EPIDEMIOLOGICAL STUDY IN KHORASAN REGION

Assoc. Prof. Dr. Mahsa Rahmani
Department of Veterinary Parasitology, Faculty of Veterinary Medicine, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

ABSTRACT

Toxoplasmosis caused by Toxoplasma gondii is a widespread parasitic infection with significant economic and public health impacts, particularly in small ruminants. This epidemiological study investigated the prevalence of toxoplasmosis in sheep and goats in the Khorasan region. Blood samples were collected from various farms and tested using serological assays to detect anti-T. gondii antibodies. Data were analyzed to assess prevalence rates and risk factors such as age, sex, and management practices. The study found a considerable seroprevalence indicating endemic infection in the region, with higher rates in older animals and traditional farming systems. These results underscore the necessity for targeted control measures and farmer education to reduce the burden of toxoplasmosis, with implications for livestock productivity and zoonotic transmission risk to humans.

Key words: Toxoplasmosis, small ruminants, prevalence, epidemiology, Khorasan

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

VETERINARY SURGICAL MANAGEMENT OF BONE FRACTURES IN WORKING DOGS: A CLINICAL STUDY

Dr. Marko Milosevic
Faculty of Veterinary Medicine, University of Belgrade, Serbia
Prof. Dr. Jelena Stojanovic
Faculty of Veterinary Medicine, University of Belgrade, Serbia

ABSTRACT

Bone fractures are common injuries in working dogs that require prompt surgical intervention to restore function and enable return to duty. This clinical study evaluated surgical techniques, outcomes, and complications in a cohort of working dogs treated for fractures at a veterinary hospital in Serbia. Various fixation methods, including internal and external devices, were applied depending on fracture type and location. Postoperative care and rehabilitation protocols were standardized. The majority of cases achieved successful bone healing and satisfactory functional recovery, though some experienced complications such as infection or delayed union. This research provides valuable clinical insights informing best practices for fracture management in working dogs, emphasizing the importance of tailored surgical approaches and comprehensive postoperative care.

Key words: bone fractures, working dogs, surgery, veterinary orthopedics, clinical outcomes

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ZOONOTIC TRANSMISSION OF BRUCELLOSIS FROM LIVESTOCK TO HUMAN POPULATIONS IN NORTHERN SERBIA

Assis. Prof. Dr. Nikola Ilic
Faculty of Veterinary Medicine, University of Novi Sad, Serbia
Dr. Ana Petrovic
Faculty of Veterinary Medicine, University of Novi Sad, Serbia

ABSTRACT

Brucellosis is a persistent zoonotic disease transmitted from infected livestock to humans, posing significant health and economic burdens. This study investigated the prevalence of Brucella spp. in livestock and the related incidence of human brucellosis in northern Serbia. Samples from cattle, sheep, and goats underwent serological and bacteriological testing. Epidemiological surveys assessed human cases linked to occupational exposure and food consumption habits. The data demonstrated a strong association between livestock infection rates and human disease occurrence. Control strategies including vaccination, hygiene improvement, and public awareness campaigns are critical to reduce transmission. This study offers important evidence to guide regional brucellosis control and prevention efforts to protect both animal and human health.

Key words: brucellosis, zoonosis, livestock, public health, northern Serbia

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

EPIDEMIOLOGICAL ASSESSMENT OF CANINE PARVOVIRUS OUTBREAKS IN SOUTHWESTERN NIGERIA

Dr. Chinedu Okafor
Department of Veterinary Medicine, University of Ibadan, Nigeria

Amina Musa
Department of Veterinary Public Health and Preventive Medicine, University of Ibadan, Nigeria

Abstract
This study presents an epidemiological assessment of canine parvovirus (CPV) outbreaks in selected urban and peri-urban areas of southwestern Nigeria, with the aim of characterizing patterns of occurrence, associated risk factors, and preventive gaps in clinical practice. CPV remains a major cause of morbidity and mortality among young dogs in low- and middle-income countries, yet systematic regional data are limited. A cross-sectional design was employed, combining retrospective review of hospital records from veterinary clinics with prospective field sampling from suspected cases over a 24-month period. Signalment data, vaccination history, housing conditions, and management practices were collected using structured questionnaires administered to dog owners. Fecal samples were screened using rapid antigen tests and confirmed by polymerase chain reaction to detect CPV DNA. The analysis revealed a high burden of CPV among puppies between six weeks and six months of age, particularly in densely populated neighborhoods with inadequate biosecurity and irregular waste disposal. Incomplete vaccination schedules, uncontrolled movement of dogs, and purchase from informal breeders emerged as significant risk factors. Seasonal peaks were observed at the onset of the rainy season, suggesting interactions between environmental hygiene and virus persistence. Case-fatality rates remained high in animals presented late or with co-infections, underscoring the importance of early clinical intervention. The findings highlight the need for strengthened owner education, enforcement of vaccination campaigns, and improved surveillance systems linking private and public veterinary services. The study concludes that targeted community-based interventions, coupled with standardized diagnostic protocols, are essential to reduce CPV transmission and improve canine health and welfare in southwestern Nigeria.

Keywords: canine parvovirus, epidemiology, vaccination, risk factors, Nigeria

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ASSESSMENT OF TICK-BORNE HEMOPARASITES IN DAIRY CATTLE AND THEIR IMPACT ON MILK PRODUCTIVITY

Dr. Fatima Lawal
Department of Veterinary Parasitology and Entomology, Ahmadu Bello University, Nigeria

Abstract
This research assesses the prevalence of tick-borne hemoparasites in dairy cattle and quantifies their impact on milk productivity in smallholder and semi-intensive farms in northern Nigeria. Tick-borne diseases such as babesiosis, anaplasmosis, and theileriosis constitute major constraints to dairy production, yet their subclinical effects on yield are often underestimated. A total of 300 lactating cows from different management systems were randomly selected, and data on age, breed, parity, body condition score, and production parameters were recorded. Blood samples were collected and examined using Giemsa-stained smears and polymerase chain reaction for species-level identification of hemoparasites. Concurrently, daily milk yield records over a three-month period were analyzed to compare infected and non-infected animals, controlling for nutritional and management factors. The study found a high overall prevalence of tick-borne hemoparasites, with mixed infections being common in cross-bred cows. Infected animals showed significant reductions in average daily milk yield, increased incidence of clinical mastitis, and prolonged calving intervals compared with uninfected herd mates. Poor tick control practices, limited access to veterinary services, and communal grazing systems were identified as key drivers of infection. The economic analysis demonstrated substantial income losses at farm level, highlighting the broader livelihood implications for households dependent on dairy sales. The study concludes that integrated tick-control strategies—combining strategic acaricide application, pasture management, and farmer training—are urgently required to mitigate production losses. It recommends that dairy development programs in Nigeria incorporate routine screening for hemoparasites and promote cost-effective control packages tailored to smallholder conditions.

Keywords: tick-borne hemoparasites, dairy cattle, milk productivity, smallholder farming, Nigeria

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

MOLECULAR TYPING AND ANTIBIOGRAM PROFILES OF METHICILLIN-RESISTANT STAPHYLOCOCCUS AUREUS IN POULTRY FARMS

Dr. Patrick O. Nwosu
Department of Veterinary Microbiology, University of Nigeria Nsukka, Nigeria

Dr. Chuka Eze
Department of Veterinary Pathology and Microbiology, University of Nigeria Nsukka, Nigeria

Dr. Musa Ibrahim
Department of Veterinary Public Health and Preventive Medicine, University of Nigeria Nsukka, Nigeria

Abstract

This study investigates the molecular characteristics and antimicrobial resistance profiles of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) isolates obtained from commercial poultry farms in southeastern Nigeria. MRSA is an emerging zoonotic pathogen of major public-health concern, yet data on its circulation in poultry production systems in West Africa remain scarce. Cloacal swabs, litter samples, and nasal swabs from farm workers were collected from twenty broiler and layer farms of varying sizes and biosecurity levels. Standard bacteriological methods were used for *S. aureus* isolation, followed by phenotypic detection of methicillin resistance using cefoxitin disc diffusion. Molecular confirmation of MRSA was performed by PCR amplification of the *mecA* gene, and selected isolates underwent spa-typing to determine genetic relatedness and possible transmission pathways. Antimicrobial susceptibility testing against a panel of commonly used veterinary and human antibiotics was conducted using the Kirby–Bauer method, and multidrug resistance patterns were documented. The results revealed a notable prevalence of MRSA in both birds and environmental samples, with some farms also showing identical spa-types in worker isolates, suggesting potential occupational exposure. Many isolates exhibited resistance to multiple classes of antibiotics, including tetracyclines, macrolides, and fluoroquinolones, raising concerns about therapeutic options and the risk of resistance dissemination. Biosecurity audits indicated that farms with poor hygiene, unrestricted farm access, and indiscriminate antimicrobial use in feed or water were more likely to harbor MRSA. The study underscores the need for robust surveillance of antimicrobial-resistant pathogens in poultry, implementation of antimicrobial-stewardship programs, and improved farm biosecurity. It concludes that coordinated action between veterinary and human health sectors is essential to address MRSA within a One Health framework in Nigeria.

Keywords: MRSA, poultry farms, antimicrobial resistance, molecular typing, Nigeria

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ADVANCES IN THE SYNTHESIS OF FUNCTIONALIZED ORGANIC MOLECULES FOR PHARMACEUTICAL APPLICATIONS

Prof. Dr. Elchin Sultanov
Assoc. Prof. Dr. Rzayev Ramil
Afaq Rzayeva
Department of Chemistry, Faculty of Science, Baku State University, Azerbaijan

ABSTRACT
This study presents significant advancements in the synthesis of functionalized organic molecules aimed at pharmaceutical applications. The research focuses on developing novel synthetic methodologies that enhance the efficiency, selectivity, and sustainability of producing biologically active compounds. By utilizing tailored reaction conditions and innovative catalysts, the team successfully synthesized various functional groups critical for drug development. Spectroscopic and chromatographic techniques were employed to characterize these molecules, confirming their structural integrity and purity. Moreover, the synthesized compounds were evaluated for biological activity, demonstrating promising pharmacological potential. This work contributes to the optimization of synthetic routes in medicinal chemistry, addressing challenges such as reaction yield, environmental impact, and scalability. The integration of green chemistry principles underlines the approach's relevance for industrial pharmaceutical production, aiming to reduce hazardous waste and energy consumption. Overall, the research offers valuable insights into the strategic design of functionalized organic molecules, advancing drug discovery and development processes.

Key words: organic synthesis, pharmaceutical chemistry, functionalized molecules

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

INVESTIGATION OF POLYMERIC NANOCOMPOSITES FOR ENHANCED CATALYTIC PERFORMANCE IN INDUSTRIAL PROCESSES

Dr. Sevinj Aliyeva
Sabina Jafarova
Assoc. Prof. Imanov Elmar
Department of Chemistry and Biology Education, Faculty of Natural Sciences, Azerbaijan State Pedagogical University, Azerbaijan

ABSTRACT

This research explores the design and performance of polymeric nanocomposites as catalysts in industrial chemical processes. The study investigates how polymer matrices combined with nanomaterials can improve catalytic efficiency, stability, and selectivity. Various synthesis techniques were applied to fabricate nanocomposites with controlled morphology and nanostructure distribution. Catalytic activity was assessed through reaction kinetics and conversion rates under simulated industrial conditions. Results indicate that these nanocomposites enhance catalyst durability and minimize deactivation caused by fouling or poisoning. Additionally, the nanocomposite catalysts contributed to energy savings and reduced environmental impact, aligning with sustainable industrial practices. The paper discusses mechanistic insights into the interactions between polymers and active nanoparticles that govern catalytic properties. These findings support the potential of polymeric nanocomposites to revolutionize catalytic processes, offering scalable solutions to increase productivity while maintaining cost-efficiency.

Key words: polymeric nanocomposites, catalysis, industrial chemistry

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

DEVELOPMENT AND APPLICATION OF METAL-ORGANIC FRAMEWORKS IN ENVIRONMENTAL REMEDIATION

Prof. Dr. Adriana Popescu
Dr. Bogdan Iliescu
Faculty of Chemistry, University of Bucharest, Romania

ABSTRACT

The study focuses on the synthesis and environmental applications of metal-organic frameworks (MOFs), a class of porous crystalline materials with tunable properties. MOFs were engineered to target pollutants through adsorption, catalysis, and separation techniques in environmental remediation efforts. The paper details protocols for MOF fabrication, highlighting the role of metal nodes and organic linkers in dictating framework stability and selectivity toward contaminants such as heavy metals and organic dyes. Analytical techniques confirmed high surface area and porosity crucial for pollutant capture. Experimental results demonstrated effective removal efficiencies under various environmental conditions. The study also explores the regeneration and reuse of MOFs, emphasizing sustainability and cost-effectiveness. Through this work, MOFs are positioned as advanced materials for mitigating environmental pollution, with implications for water treatment technologies and green chemistry initiatives.

Key words: metal-organic frameworks, environmental remediation, adsorption

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

KINETIC AND THERMODYNAMIC STUDY OF COPPER-CATALYZED ORGANIC TRANSFORMATION REACTIONS

Assoc. Prof. Dr. Dragos Marinescu
Cristina Ghenea
Dr. Nana Ezugbaia
Department of Chemistry, Faculty of Chemistry and Chemical Engineering, Babeș-Bolyai University, Romania

ABSTRACT
This paper investigates the kinetics and thermodynamics of copper-catalyzed organic transformation reactions relevant to synthetic organic chemistry. The study combines experimental data with computational modeling to elucidate reaction pathways, activation energies, and equilibrium constants. Various copper catalysts and substrates were tested to assess catalytic efficiency and selectivity. Kinetic parameters such as rate constants and reaction orders were determined through time-resolved spectroscopy and calorimetry. Thermodynamic analyses revealed the influence of temperature and pressure on reaction spontaneity and product distribution. The results contribute to a deeper understanding of copper's catalytic role and its potential to optimize organic synthesis processes. This research provides valuable information for designing improved catalysts and reaction conditions in pharmaceutical and fine chemical manufacturing.

Key words: copper catalysis, reaction kinetics, thermodynamics

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

NOVEL APPROACHES TO BIOPOLYMER SYNTHESIS FOR MEDICAL DEVICE ENGINEERING

Dr. Giorgi Lomsadze
Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Tbilisi State University, Georgia

ABSTRACT
This study addresses advancements in the synthesis of biopolymers tailored for medical device applications. Emphasis is placed on developing biodegradable and biocompatible polymers with enhanced mechanical and thermal properties suitable for implants and tissue engineering scaffolds. Various polymerization techniques and copolymer formulations were evaluated to achieve desirable characteristics, including controlled degradation rates and bioactivity. The synthesized biopolymers were characterized using rheological, spectroscopic, and microscopic methods. In vitro tests assessed cytocompatibility and biofunctionality, ensuring safety and efficacy for medical use. The study highlights innovative strategies integrating natural and synthetic monomers to create versatile biomaterials. These developments support improved design and manufacturing of medical devices with potential to reduce complications and enhance patient outcomes.

Key words: biopolymer synthesis, medical devices, biomaterials engineering

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ELECTROCHEMICAL METHODS FOR DETECTION OF HEAVY METAL IONS IN DRINKING WATER

Assoc. Prof. Dr. Tinatin Mchedlishvili
Mariam Kapanadze
Department of Chemistry, Faculty of Science, Ilia State University, Georgia

ABSTRACT
This research focuses on electrochemical sensor technologies for detecting heavy metal ions in drinking water. The development of sensitive and selective electrodes based on nanostructured materials enabled rapid identification of contaminants such as lead, cadmium, and mercury at trace levels. Optimization of electrode composition and surface modification techniques enhanced detection limits and response times. Calibration and validation were performed under laboratory and field conditions, demonstrating the practical applicability of these sensors. The study also explores interference effects and strategies to improve selectivity in complex water matrices. The implementation of these electrochemical methods offers a low-cost, portable solution for routine water quality monitoring, contributing to public health protection and regulatory compliance.

Key words: electrochemical sensors, heavy metals, water quality

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

CATALYTIC CONVERSION OF BIOMASS-DERIVED SUBSTRATES TO BIOFUELS USING TRANSITION METAL COMPLEXES

Dr. Alemu Getachew
Solomon Tadesse
Department of Chemistry, College of Natural Sciences, Addis Ababa University, Ethiopia

ABSTRACT

This paper investigates catalytic processes for converting biomass-derived substrates into biofuels utilizing transition metal complexes. The research emphasizes catalyst design, reaction optimization, and substrate scope to enhance conversion efficiency and selectivity toward fuels such as bioethanol and biodiesel. Various homogeneous and heterogeneous metal complexes were synthesized and tested under different reaction conditions. Analytical techniques including gas chromatography and mass spectrometry characterized the products. The study highlights the role of transition metals in facilitating biomass depolymerization and upgrading of intermediates to energy-dense fuels. Environmental benefits and economic feasibility are discussed, supporting the advancement of sustainable biofuel production technologies addressing global energy challenges.

Key words: biomass conversion, biofuels, transition metal catalysis

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

DEVELOPMENT OF ADVANCED METAL MATRIX COMPOSITES FOR HIGH-TEMPERATURE APPLICATIONS

Prof. Dr. Nasim Kholov
Dr. Shirin Sharipova
Tajik National University, Faculty of Materials Science and Engineering, Tajikistan

ABSTRACT
This study explores the development of advanced metal matrix composites (MMCs) designed for high-temperature environments. The research focuses on optimizing microstructural properties to enhance thermal stability, mechanical strength, and oxidation resistance of MMCs. Using a combination of alloying elements and ceramic reinforcements, the composites were fabricated through powder metallurgy techniques. Characterization involved microstructural analysis via scanning electron microscopy and evaluation of mechanical properties including tensile strength, hardness, and creep resistance at elevated temperatures. Results demonstrate significant improvements in performance compared to traditional metal alloys, highlighting the potential application of these MMCs in aerospace and power generation industries. The study also addresses challenges related to interfacial bonding and thermal expansion mismatch, proposing solutions for improved composite integrity under thermal cycling. These findings contribute to the broader field of materials engineering, supporting the development of components that demand durability in extreme conditions.

Key words: metal matrix composites, high-temperature materials, thermal stability, powder metallurgy

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

INVESTIGATION OF NANOSTRUCTURED CERAMICS FOR PHOTOCATALYTIC WATER PURIFICATION

Dr. Mehrangez Davlatova
Assoc. Prof. Dr. Rustam Kurbonov
Technological University of Tajikistan, Department of Chemical Engineering, Tajikistan

ABSTRACT

This research investigates the synthesis and application of nanostructured ceramic materials for photocatalytic degradation of organic pollutants in water. Nanoceramics were prepared using sol-gel and hydrothermal methods to achieve high surface area and controlled morphology. Photocatalytic performance was evaluated under ultraviolet and visible light irradiation by monitoring the degradation rates of model contaminants such as dyes and pharmaceutical residues. Results indicate that these nanoceramics exhibit superior photocatalytic efficiency due to their enhanced charge separation and light absorption capabilities. Mechanistic studies revealed the generation of reactive oxidative species leading to mineralization of pollutants. The study also explores the stability and recyclability of these ceramic catalysts, demonstrating their potential for sustainable water purification applications. This advancement supports environmental engineering efforts aimed at reducing water pollution and promoting clean water technologies globally.

Key words: nanostructured ceramics, photocatalysis, water purification, environmental remediation

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

MULTISCALE MODELING OF MECHANICAL BEHAVIOR IN NANOCRYSTALLINE TITANIUM ALLOYS

Prof. Dr. Aarav Patel
Dr. Kavita Sharma
Assis. Prof. Dr. Rajesh Mehta
Indian Institute of Technology, Department of Mechanical Engineering, Delhi, India

ABSTRACT

This study employs multiscale modeling techniques to analyze the mechanical behavior of nanocrystalline titanium alloys, focusing on deformation mechanisms at different length scales. Atomistic simulations using molecular dynamics offer atomic-level insights into grain boundary activities and dislocation nucleation, while continuum-level finite element models capture macroscopic stress-strain responses. The models were validated against experimental data from tensile tests on synthesized nanocrystalline titanium samples. Results highlight the pronounced effect of grain size refinement on strength enhancement, along with the role of twin boundary formation in plastic deformation. This work advances the understanding of structure-property relationships in titanium alloys, essential for designing lightweight, high-strength materials for aerospace and biomedical applications. The integration of computational modeling with experimental methods opens avenues for predictive material design in nanostructured metals.

Key words: nanocrystalline titanium, multiscale modeling, mechanical behavior, molecular dynamics

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

EFFECT OF ULTRASONIC CONSOLIDATION ON THE JOINING OF DISSIMILAR METAL SHEETS

Assoc. Prof. Dr. Pranav Reddy
Dr. Sunita Iyengar
Dr. Maria Sokolova
Indian Institute of Science, Department of Materials Engineering, Bangalore, India

ABSTRACT

This work investigates ultrasonic consolidation (UC) as an innovative technique for joining dissimilar metal sheets, offering a solid-state bonding alternative without melting. Metals including aluminum, copper, and titanium alloys were bonded under varied ultrasonic parameters to optimize bond strength and microstructural integrity. Mechanical tests and microscopic analyses characterized the interfacial quality and bonding mechanisms. The UC process demonstrated successful metallurgical bonding with minimal intermetallic formation and void defects. The study discusses the influence of ultrasonic power, pressure, and temperature on joint quality, emphasizing the technique's advantages for lightweight structural assemblies in aerospace and automotive manufacturing. These findings contribute practical insights into efficient joining processes for multi-material design.

Key words: ultrasonic consolidation, dissimilar metals, solid-state bonding, materials joining

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

SYNTHESIS AND ELECTRICAL CHARACTERIZATION OF GRAPHENE-BASED FLEXIBLE ELECTRONICS

Prof. Dr. Vladimir Orlov
Lomonosov Moscow State University, Institute of Nanotechnology, Russia

ABSTRACT

This paper presents the synthesis and electrical characterization of graphene-based flexible electronic devices. Graphene films were fabricated using chemical vapor deposition and transferred onto flexible polymer substrates to create bendable conductive components. Electrical properties including conductivity, carrier mobility, and contact resistance were measured under mechanical deformation, simulating real-use bending conditions. The devices exhibited stable electronic performance with minor degradation under repeated flexing cycles. Potential applications in wearable electronics, sensors, and foldable displays are discussed, highlighting graphene's unique combination of mechanical flexibility and superior electrical properties. This research advances the materials science field by enabling next-generation flexible electronics with improved durability and functionality.

Key words: graphene, flexible electronics, electrical characterization, wearable devices

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ADVANCED COATING STRATEGIES FOR CORROSION RESISTANCE IN POWER PLANT STEELS

Assis. Prof. Dr. Ekaterina Miroshnichenko
Dr. Alexey Kuznetsov
Assoc. Prof. Dr. Igor Kolosov
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Department of Metallurgical Engineering, Russia

ABSTRACT
This study evaluates advanced coating technologies to improve corrosion resistance in steels used in power plants, particularly under high-temperature and acidic conditions. Coatings such as thermal spray ceramics, nanostructured oxides, and organic-inorganic hybrids were applied and tested for performance against oxidation and sulfidation. Electrochemical impedance spectroscopy and cyclic polarization techniques quantified corrosion rates, while microstructural characterization assessed coating adhesion and integrity. The results demonstrate that certain multilayer coatings significantly extend service life by acting as effective diffusion barriers and reducing corrosive attack. The investigation provides guidelines for optimizing coating compositions and application methods tailored for power generation components, contributing to maintenance cost reduction and reliability enhancement in energy infrastructure.

Key words: corrosion resistance, coatings, power plant steels, thermal spray

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

BIOCOMPATIBLE POLYMER NANOCOMPOSITES FOR TISSUE ENGINEERING APPLICATIONS

Prof. Dr. Shirin Hosseini
Assoc. Prof. Dr. Farzad Abedini
Dr. Mehdi Javadi
Iran University of Science and Technology, Department of Biomedical Engineering, Iran

ABSTRACT
This research focuses on the fabrication and evaluation of biocompatible polymer nanocomposites for tissue engineering scaffolds. Polymer matrices such as polycaprolactone were reinforced with bioactive nanoparticles including hydroxyapatite and graphene oxide to enhance mechanical properties and cellular interactions. Scaffold morphology, porosity, and biodegradation rate were characterized alongside in vitro cell viability and proliferation assays using fibroblast cells. Results reveal improved scaffold stiffness and bioactivity, supporting cell adhesion and growth. The integration of nanomaterials facilitates controlled release of growth factors and mimics natural extracellular matrix components. These findings highlight the potential of polymer nanocomposites to advance regenerative medicine strategies for soft and hard tissue repair.

Key words: polymer nanocomposites, tissue engineering, biocompatibility, scaffolds

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

INVESTIGATION OF FUNCTIONALIZED SILICA NANOPARTICLES FOR DRUG DELIVERY SYSTEMS

Dr. Leyla Kamali
Assis. Prof. Dr. Sahar Farhadi
Assoc. Prof. Dr. Milad Ghasemi
Sharif University of Technology, Department of Chemical Engineering, Iran

ABSTRACT
This study explores the synthesis and functionalization of silica nanoparticles for targeted drug delivery applications. Silica nanoparticles were modified with amine and carboxyl groups to enhance drug loading capacity and targeting efficiency. Drug release profiles were investigated under simulated physiological conditions to evaluate controlled release behavior. Cellular uptake and cytotoxicity tests were conducted using cancer cell lines to assess therapeutic efficacy and biocompatibility. The functionalized silica nanoparticles displayed favorable surface chemistry for drug conjugation and sustained release, exhibiting reduced toxicity and enhanced selectivity towards target cells. This research contributes to the design of advanced nanocarriers that improve treatment outcomes in oncology and personalized medicine.

Key words: silica nanoparticles, functionalization, drug delivery, nanocarriers

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ENHANCED PROTEIN EXTRACTION FROM KAZAKHSTAN LEGUMES USING NOVEL ENZYMATIC METHODS

Prof. Dr. Ayanbek Akhmetov
Dr. Nuraiya Tuleuova
Kuralay Zhaksybek
Faculty of Biology and Biotechnology, Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan

ABSTRACT

Recent advances in enzymatic technologies have enabled improved protein extraction from plant sources, a key area for enhancing nutritional quality in legume-based foods. This study investigates the application of novel enzymatic methods tailored to legumes indigenous to Kazakhstan, aiming to increase protein yield and purity while preserving bioactivity. Various novel enzyme combinations were tested on chickpeas, lentils, and peas native to the region. The enzymatic treatments were optimized based on parameters including pH, temperature, and incubation time. Results show a significant increase in protein extraction efficiency compared to conventional alkaline or acid extraction methods. Structural analysis using SDS-PAGE and spectrophotometry confirmed the preservation of essential amino acids and protein integrity. Moreover, the enhanced protein extracts demonstrated improved solubility and functional properties such as emulsifying and foaming capacity, indicating their suitability for food industry applications. This study also evaluated the environmental benefits of enzymatic extraction by comparing water and energy consumption to standard procedures, highlighting sustainability advantages. The findings promote the sustainable valorization of Kazakhstani legumes, offering a promising avenue for the development of high-quality plant-based proteins to support food security and nutrition goals. Future research directions include scale-up of the enzymatic process and incorporation into food product formulations.

Keywords: protein extraction, enzymatic methods, Kazakhstani legumes, plant-based proteins, sustainable food technology

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

DEVELOPMENT AND CHARACTERIZATION OF SMART BIODEGRADABLE FOOD PACKAGING FILMS BASED ON KAZAKHSTANI STARCH SOURCES

Dr. Dauren Sarsembayev
Assis. Prof. Dr. Zhanar Azhimetova
Department of Chemical Engineering, Nazarbayev University, Kazakhstan

ABSTRACT

The quest for eco-friendly packaging has intensified interest in biodegradable films derived from renewable agricultural resources. This research focuses on developing smart biodegradable food packaging films using starch extracted from Kazakhstani cereals and tubers. Various formulations combining starch with natural plasticizers, bioactive agents, and nanomaterials were produced via casting methods. The films were characterized for mechanical strength, water vapor permeability, biodegradability, and antimicrobial activity. Results demonstrated that incorporating natural antioxidants and antimicrobial compounds enhanced the films' functional properties by extending food shelf life and providing protection against microbial contamination. Physical tests indicated that the films possess sufficient tensile strength and flexibility to be practical packaging materials. Biodegradability assessments confirmed complete decomposition under composting conditions within 60 days, aligning with sustainable waste management goals. Additionally, responsiveness to environmental stimuli such as humidity and pH was integrated to create smart packaging capable of indicating food freshness. This multifunctional film technology presents a promising solution to reduce plastic waste and support Kazakhstan's agricultural economy by valorizing starch resources. The study contributes to the global movement toward sustainable packaging innovations and offers practical benefits for food safety and environmental preservation. Future work will focus on scaling production and applying these films in real food packaging scenarios.

Keywords: biodegradable films, smart packaging, starch-based materials, antimicrobial, sustainable packaging

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

INTEGRATED MICROALGAE CULTIVATION SYSTEMS FOR NUTRIENT-RICH FOOD PRODUCTION IN BANGLADESH

Assoc. Prof. Dr. Imran Hossain
Dr. Nusrat Jahan
Dr. Tanvir Rahman
Department of Biotechnology and Genetic Engineering, Bangladesh University of Engineering and Technology, Bangladesh

ABSTRACT

Microalgae have emerged as a sustainable source of nutrients including proteins, lipids, and bioactive compounds ideal for food and feed applications. This study presents the development of integrated microalgae cultivation systems optimized for Bangladesh's climatic and water resource conditions aimed at producing nutrient-rich biomass. Closed photobioreactors and open pond systems were compared to assess growth performance, nutrient uptake efficiency, and biomass composition of locally isolated microalgal strains. The integrated system incorporates wastewater treatment and CO2 sequestration, creating synergies for environmental remediation alongside biomass production. Analytical results showed high protein content (up to 60% dry weight) along with essential amino acids, vitamins, and antioxidants in the harvested biomass, confirming its nutritional suitability. Economic analyses indicated that integrating waste streams significantly lowers operational costs, enhancing scalability. This technology supports Bangladesh's food security by providing alternatives to traditional agriculture while contributing to circular economy goals. Potential applications include functional foods, dietary supplements, and aquaculture feed. Challenges such as contamination control and continuous culture maintenance were addressed using automated monitoring and control systems. The study paves the way for commercializing microalgal biomass as a nutrient-dense food resource.

Keywords: microalgae cultivation, nutrient-rich food, Bangladesh, integrated systems, sustainable food production

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

POST-HARVEST TECHNOLOGIES FOR REDUCING FRUIT AND VEGETABLE LOSS IN BANGLADESHI MARKETS

Dr. Rehana Parvin
Assoc. Prof. Dr. Mahbub Alam
Dr. Shamsul Haque
Department of Food Science and Technology, Jahangirnagar University, Bangladesh

ABSTRACT

Post-harvest losses of fruits and vegetables present a critical challenge to Bangladesh's food supply chain, contributing significantly to food insecurity and economic loss. This research evaluates advanced post-harvest technologies aimed at minimizing spoilage and maintaining quality from farm to market. Techniques such as controlled atmosphere storage, modified packaging, cold chain logistics, and ethylene scavengers were assessed in experimental trials involving locally common produce including tomatoes, mangoes, and cucumbers. Results indicated that controlled atmosphere storage combined with active packaging significantly prolonged shelf life and reduced microbial decay under market conditions. Additionally, interventions such as temperature management during transportation and display helped maintain texture and nutrient content. The study also addressed smallholder adoption barriers by proposing cost-effective solutions adaptable to local market infrastructure. A comprehensive evaluation framework combining quality attributes, economic feasibility, and environmental impact was developed to guide technology selection. The findings provide evidence-based recommendations for stakeholders to implement post-harvest interventions, which could potentially reduce losses by up to 30%. This will enhance food availability and farmers' incomes while aligning with national food safety standards.

Keywords: post-harvest technology, fruit and vegetable loss, Bangladesh, storage methods, food supply chain

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

APPLICATION OF 3D PRINTING IN DESIGNING FUNCTIONAL FOODS WITH TAILORED TEXTURE IN SINGAPORE

Prof. Dr. Wei Chun Ng
Dr. Fiona Low
Assoc. Prof. Dr. Marcus Tan
Department of Food Science and Technology, National University of Singapore, Singapore

ABSTRACT
Three-dimensional (3D) printing technology has rapidly advanced the customization of food products, enabling precise control over texture, shape, and nutrient composition. This study explores the application of 3D printing in designing functional foods with tailored textures that meet specific dietary and sensory requirements. Using food-grade biomaterials such as protein gels, starches, and hydrocolloids, various 3D printing formulations were developed and optimized to achieve modulated texture profiles suitable for populations with special needs, such as elderly and dysphagic patients. Rheological and mechanical tests assessed the printability and final food structure integrity. Results showed that adjusting printing parameters and formulation components allowed the creation of uniquely textured snacks and meals with enhanced mouthfeel and nutritional profiles. Additionally, bioactive ingredients including vitamins, antioxidants, and probiotics were incorporated into the printing matrix without compromising stability or sensory acceptance. The study demonstrates the feasibility of 3D food printing to deliver personalized nutrition and improve food accessibility in urban settings. Opportunities for commercial applications and future research directions, including multi-material printing and integration with digital health data, are also discussed.

Keywords: 3D food printing, functional foods, texture design, personalized nutrition, Singapore

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

DATA-DRIVEN OPTIMIZATION IN INDUSTRIAL FERMENTATION FOR SUSTAINABLE FOOD INGREDIENTS

Dr. Adeline Lee
Department of Food Science and Technology, National University of Singapore, Singapore

Assis. Prof. Dr. Samuel Chua
School of Chemical and Biomedical Engineering, Nanyang Technological University, Singapore

Assoc. Prof. Dr. Joseph Goh
Department of Chemical and Biomolecular Engineering, National University of Singapore, Singapore

Abstract
This paper investigates the use of data-driven optimization strategies to improve the efficiency, consistency, and sustainability of industrial fermentation processes used to produce food ingredients such as organic acids, flavor compounds, and alternative proteins. Fermentation systems are inherently complex, with performance influenced by microbial physiology, substrate composition, process parameters, and scale-up effects that are difficult to capture using purely mechanistic models. In this study, historical plant data and targeted experimental campaigns are combined to construct machine-learning models that predict key performance indicators, including product yield, productivity, and by-product formation, under varying operating conditions. Feature engineering focuses on variables such as inoculum characteristics, dissolved oxygen profiles, feeding strategies, and temperature or pH trajectories over time. The models are then embedded in an optimization framework that searches for parameter combinations balancing productivity with resource efficiency, energy use, and waste minimization. Case studies in both batch and fed-batch processes demonstrate that data-driven optimization can identify non-intuitive operating windows that outperform conventional set points derived from trial-and-error or small-scale lab experiments. The approach delivers measurable reductions in raw-material consumption and carbon footprint while maintaining or enhancing product quality. The paper also discusses implementation challenges, including data quality, sensor reliability, and integration with existing control systems, as well as organizational factors such as cross-functional collaboration between data scientists, process engineers, and production operators. Overall, the study argues that data-driven optimization provides a practical pathway toward more sustainable fermentation-based food production and outlines recommendations for industrial adoption, including phased deployment, continuous model updating, and robust validation protocols.

Keywords: data-driven optimization, industrial fermentation, sustainable food ingredients, machine learning, process control

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

DEVELOPMENT OF NATURAL ANTIOXIDANT SYSTEMS TO PRESERVE QUALITY IN ALGERIAN OLIVE OIL

Prof. Dr. Noura Bouzid
Department of Food Chemistry, University of Algiers 1, Algeria

Assis. Prof. Dr. Hakim Benali
Department of Food Science and Technology, University of Oran 1, Algeria

Abstract
This study focuses on the development and evaluation of natural antioxidant systems to preserve the chemical and sensory quality of Algerian olive oil during storage and distribution. Algeria possesses diverse olive cultivars and growing regions, yet the added value of its oils is often compromised by oxidative degradation driven by exposure to oxygen, light, and temperature fluctuations along the supply chain. To address this challenge, the research investigates plant-derived antioxidants as clean-label alternatives to synthetic stabilizers. Phenolic-rich extracts obtained from local by-products—including olive leaves, grape pomace, and aromatic herbs—are characterized for total phenolic content, antioxidant capacity, and compatibility with extra-virgin olive oil matrices. Selected extracts are incorporated into olive oil at different concentrations and compared with control samples under accelerated and real-time storage conditions. Quality parameters such as peroxide value, conjugated dienes, specific UV absorbance, and sensory descriptors related to rancidity and freshness are monitored over time. The results show that specific combinations of natural extracts significantly delay primary and secondary oxidation, prolonging shelf life without masking desirable varietal aromas. Statistical analysis confirms dose–response relationships and highlights synergistic effects when mixed antioxidant sources are used. The study also assesses regulatory and consumer-acceptance aspects, emphasizing that natural antioxidant systems can support “clean label” positioning and differentiation of Algerian olive oils in export markets. Practical guidelines are proposed for industrial implementation, including recommended extract types, concentration ranges, and critical control points during processing and packaging. Overall, the research demonstrates that valorizing local plant resources as natural antioxidants offers a sustainable strategy to enhance product quality, reduce waste, and strengthen the competitiveness of Algeria’s olive oil sector.

Keywords: Algerian olive oil, natural antioxidants, oxidative stability, phenolic extracts, shelf life

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

APPLICATION OF FLEXIBLE ELECTRONICS FOR WEARABLE HEALTH MONITORING SYSTEMS

Nurlan Sarsembayev
Dr. Akmaral Yessimova
Al-Farabi Kazakh National University, Faculty of Electronics and Telecommunications, Kazakhstan

ABSTRACT

The integration of flexible electronics into wearable health monitoring systems represents a significant advancement in personalized healthcare technology. This study explores the design, implementation, and applications of flexible electronic devices that conform to the human body, enabling continuous and real-time health monitoring. The inherent flexibility and lightweight nature of these electronics allow for comfortable, non-invasive measurements of vital signs such as heart rate, body temperature, and respiratory rate. The research focuses on material innovation, circuit design, and sensor integration to optimize performance while maintaining flexibility. Various types of flexible substrates, including polymers and thin metal films, are employed to fabricate sensors capable of withstanding mechanical stress and body movements. The system architecture incorporates low-power wireless communication modules to ensure seamless data transmission to mobile devices and cloud platforms for remote patient monitoring. Experimental results demonstrate enhanced durability, accuracy, and user comfort compared to traditional rigid devices. The potential applications extend from chronic disease management and fitness tracking to early diagnosis through continuous physiological data collection. Challenges in biocompatibility, data security, and energy efficiency are addressed, with proposed solutions to improve the sustainability and scalability of this technology. This paper contributes to the growing body of knowledge supporting the development of next-generation wearable health devices that combine flexibility, functionality, and user-centric design.

Key words: flexible electronics, wearable health monitoring, real-time sensors, personalized healthcare

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

DESIGN AND PERFORMANCE ANALYSIS OF ENERGY-EFFICIENT INTERNET OF THINGS (IOT) SENSOR NODES FOR SMART AGRICULTURE

Prof. Dr. Timur Zharkenov
AlmaU University of Management and Technology, Institute of Information Technologies, Kazakhstan

ABSTRACT

The advancement of Internet of Things (IoT) technology has revolutionized smart agriculture by enabling precise environmental monitoring and resource management. This paper presents the design and performance analysis of energy-efficient IoT sensor nodes tailored for agricultural applications. These sensor nodes are designed to operate autonomously for extended periods under harsh outdoor conditions, minimizing energy consumption without compromising data accuracy. A modular architecture enables integration of multiple sensors measuring soil moisture, temperature, humidity, and light intensity to facilitate crop health monitoring and irrigation management. The system employs low-power microcontrollers and optimized communication protocols, such as LoRa and Zigbee, to achieve long-range transmission with minimal energy expenditure. Simulation and field experiments validate the node's performance in terms of energy consumption, signal reliability, and responsiveness under varying environmental conditions. The results underscore the potential to significantly reduce irrigation water usage and increase crop yield while decreasing operational costs. Security and scalability aspects are also considered to ensure robust deployment in large agricultural fields. This work contributes to IoT-based sustainable agriculture by providing practical design guidelines and performance benchmarks for energy-efficient sensor node development.

Key words: IoT sensor nodes, smart agriculture, energy efficiency, wireless communication

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

DEVELOPMENT OF LOW-POWER VLSI ARCHITECTURES FOR AI-ENABLED EDGE COMPUTING DEVICES

Dr. Saifur Rahman
Assoc. Prof. Dr. Farhana Parvin
Md. Moniruzzaman
Bangladesh University of Engineering and Technology, Department of Electrical and Electronic Engineering, Bangladesh

ABSTRACT
The exponential growth of artificial intelligence (AI) applications at the edge necessitates the development of energy-efficient Very Large Scale Integration (VLSI) architectures that support real-time data processing with low latency. This research focuses on the design and optimization of low-power VLSI architectures tailored for AI-enabled edge computing devices. By leveraging novel circuit techniques, including power gating, dynamic voltage scaling, and approximate computing, the proposed architectures reduce power consumption while maintaining computational accuracy. Emphasis is placed on implementing convolutional neural networks (CNNs) and other machine learning models on hardware to enable localized decision making in resource-constrained environments. Experimental evaluation on FPGA and ASIC platforms demonstrates improvements in throughput, power efficiency, and area utilization compared to conventional architectures. The integration of hardware accelerators supports parallel processing while optimizing memory access and minimizing data movement. These advancements pave the way for deploying AI capabilities in Internet of Things (IoT) nodes, autonomous systems, and wearable devices. The study also discusses challenges related to hardware security and adaptability in dynamic AI workloads.

Key words: VLSI architecture, low-power design, AI edge computing, hardware acceleration, convolutional neural networks

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

INTELLIGENT SMART GRID CONTROL USING DEEP LEARNING ALGORITHMS FOR POWER DISTRIBUTION OPTIMIZATION

Prof. Dr. Nasima Akter
Assis. Prof. Dr. Tarik Hasan
Jahangirnagar University, Department of Electrical and Electronic Engineering, Bangladesh

ABSTRACT

The modernization of power distribution systems through intelligent control strategies is critical for enhancing grid reliability, efficiency, and sustainability. This paper presents an intelligent smart grid control framework utilizing deep learning algorithms for optimizing power distribution in real time. The proposed system incorporates deep neural networks to analyze large volumes of grid data and predict load demand patterns, renewable energy generation, and fault conditions. This predictive capability enables dynamic adjustment of grid parameters to balance supply and demand, reduce losses, and prevent outages. The framework integrates advanced sensors and communication infrastructure to gather high-resolution data, which feeds into the deep learning models for continuous learning and adaptation. Simulation results on test power systems show significant improvements in voltage stability, demand response management, and integration of distributed energy resources (DERs). The system also enhances resilience against disturbances by providing intelligent fault detection and isolation. Challenges related to data privacy, computational complexity, and scalability are addressed with strategies for model optimization and secure communication protocols. This study contributes to the evolution of resilient and efficient smart grids by harnessing state-of-the-art artificial intelligence techniques.

Key words: smart grid control, deep learning, power distribution optimization, demand response, renewable integration

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

RECONFIGURABLE ANTENNA DESIGN FOR MILLIMETER WAVE 5G COMMUNICATION APPLICATIONS

Assoc. Prof. Dr. Alvin Lim
Kai Yee Tan
Rachel Liew
National University of Singapore, Department of Electrical and Computer Engineering, Singapore

ABSTRACT

The rapid deployment of 5G communication networks operating in the millimeter-wave (mmWave) spectrum presents challenges in antenna design, particularly regarding beam steering, frequency agility, and compactness. This study explores the development of reconfigurable antenna architectures for mmWave 5G applications, enabling dynamic adaptation to changing channel conditions and user mobility. The proposed antennas utilize micro-electromechanical systems (MEMS) switches, varactors, and tunable materials to achieve multiband operation and beamforming capabilities within a compact form factor. Design methodologies include electromagnetic simulation, fabrication, and experimental validation to optimize parameters such as gain, bandwidth, radiation pattern, and polarization diversity. Results demonstrate enhanced reconfigurability with low insertion loss and fast switching speeds compatible with 5G system requirements. Specific attention is given to overcoming propagation challenges unique to mmWave frequencies, including high path loss and limited penetration. The flexibility in antenna characteristics supports improved link reliability, spectral efficiency, and network capacity in dense urban environments. The proposed designs contribute to enabling next-generation adaptive communication systems where antenna performance is critical to network success.

Key words: reconfigurable antenna, millimeter wave, 5G communications, beam steering, MEMS switches

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

SILICON PHOTONICS INTEGRATED CIRCUITS FOR ULTRA-FAST OPTICAL TELECOM NETWORKS

Dr. Wei Ming Tan
Prof. Dr. Siang Hwa Tan
Singapore University of Technology and Design, Department of Electrical Engineering, Singapore

ABSTRACT
Silicon photonics integrated circuits are transforming optical telecommunications by enabling ultra-fast data transmission and improved network scalability at reduced cost. This paper reviews recent advancements in silicon photonics technology, focusing on integrated components such as modulators, detectors, and waveguides optimized for high-speed optical networks. The compatibility of silicon photonics with CMOS fabrication techniques allows mass production with superior integration density and energy efficiency. The research addresses design challenges related to minimizing signal loss, thermal effects, and optical crosstalk in densely packed circuits. Experimental demonstrations highlight multi-wavelength data transmission exceeding terabit per second speeds and low power consumption metrics critical for data centers and long-haul communications. The study also explores emerging applications in coherent communication and quantum photonics, underscoring the versatility of silicon photonic platforms. Future directions emphasize the integration of active and passive devices on a single chip to create fully functional optical transceivers. This work underscores silicon photonics' pivotal role in meeting the growing global demand for bandwidth and energy-efficient optical networking infrastructures.

Key words: silicon photonics, integrated circuits, optical telecom, high-speed data transmission, CMOS compatibility

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

DEVELOPMENT OF GRAPHENE-BASED NANOELECTRONIC DEVICES FOR NEXT-GENERATION SENSORS

Dr. Rania Bouzid
Prof. Dr. Mourad Benamara
University of Algiers, Faculty of Electronics and Electrical Engineering, Algeria

Assoc. Prof. Dr. Samir Bensaid
Farida Lazreg
Dr. Ahmed Yacine
University of Batna, Faculty of Science and Technology, Algeria

ABSTRACT
Graphene's extraordinary electrical, mechanical, and chemical properties have positioned it at the forefront of nanoelectronic device research, particularly for sensor technologies. This study presents the development of graphene-based nanoelectronic devices aimed at next-generation sensor applications, including environmental monitoring, biomedical diagnostics, and industrial process control. The research focuses on fabricating graphene field-effect transistors (GFETs) with enhanced sensitivity and selectivity through surface functionalization and heterostructure engineering. Advanced lithography and chemical vapor deposition (CVD) techniques are leveraged to produce high-quality graphene layers and nanoscale patterns. Electrical characterization reveals superior carrier mobility and low noise levels, essential for detecting minute changes in analyte concentration. Various sensing mechanisms, such as chemical doping and electrostatic gating, are explored to tailor sensor response toward specific targets. Integration with microfluidic platforms enables real-time, label-free detection of biomolecules and gases with rapid response times. The study also addresses challenges related to device reproducibility, stability, and large-scale fabrication. These advancements position graphene nanoelectronics as a transformative technology for highly sensitive, compact, and scalable sensing systems capable of meeting future technological demands.

Key words: graphene nanoelectronics, nanosensors, GFET, chemical vapor deposition, biomedical sensing

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

INNOVATIVE STRATEGIES IN THE SEISMIC DESIGN OF URBAN INFRASTRUCTURE IN YEREVAN

Assis. Prof. Dr. Lilit Grigoryan
Yerevan State University - Faculty of Civil Engineering - Armenia

ABSTRACT

This study explores innovative strategies for seismic design applied to urban infrastructure in Yerevan, a region highly susceptible to earthquakes due to its complex tectonic setting. The research focuses on integrating advanced engineering methods and materials to enhance structural resilience against seismic forces while addressing urban growth challenges. Emphasizing a multidisciplinary approach, the study examines recent developments in seismic-resistant technologies, including base isolation, energy dissipation systems, and performance-based design principles, tailored specifically for Yerevan's unique geological and socio-economic context. Detailed analysis of local building codes and construction practices is conducted to identify gaps and opportunities for improvement. Through field surveys and computer simulations, the research evaluates the effectiveness of newly proposed design methods in minimizing structural damage and ensuring occupant safety during seismic events. Furthermore, the study advocates for the incorporation of smart monitoring systems within critical infrastructure to provide real-time data and predictive maintenance capabilities, thereby improving long-term urban resilience. Stakeholder engagement and capacity building within local engineering communities are highlighted as essential for successful implementation. The paper concludes by proposing a roadmap for policymakers and practitioners aimed at integrating these innovative seismic strategies into existing urban planning frameworks, contributing to sustainable and disaster-resilient development of Yerevan. This work represents a significant step toward modernizing seismic design practices in Armenia's capital city and establishes a foundation for further regional research and application.

Keywords: seismic design, urban infrastructure, earthquake resilience, Yerevan, structural engineering

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

DEVELOPMENT OF ECO-FRIENDLY CONCRETE COMPOSITES WITH LOCALLY SOURCED MATERIALS

Prof. Dr. Arman Hakobyan
Dr. Ani Babayan
Prof. Dr. Gevorg Arakelyan
Assis. Prof. Dr. Sargis Hunanyan
National Polytechnic University of Armenia, Faculty of Civil and Mechanical Engineering
Armenia

ABSTRACT

This research presents the development of eco-friendly concrete composites utilizing locally sourced materials in Armenia, aiming to reduce environmental impact while maintaining high structural performance. Traditional concrete production contributes significantly to global carbon emissions, prompting the need for sustainable alternatives that leverage regional resources such as volcanic aggregates, industrial by-products like fly ash from local power plants, and recycled construction waste. The study employs a systematic approach involving material characterization, mix design optimization, and comprehensive mechanical testing to evaluate compressive strength, tensile properties, durability under freeze-thaw cycles, and long-term carbonation resistance. Experimental results demonstrate that optimized composites achieve up to 20% higher strength-to-weight ratios compared to conventional mixes, with reduced embodied energy by 35%. Microstructural analysis via SEM and XRD reveals enhanced interfacial transition zones due to pozzolanic reactions from local additives, improving crack resistance and permeability. Life-cycle assessment (LCA) quantifies environmental benefits, showing substantial decreases in CO2 footprint and resource depletion. The paper discusses scalability challenges, including supply chain logistics for rural sourcing and standardization for code compliance. Implementation strategies for Armenian construction industry are proposed, including pilot projects in Yerevan's social housing developments. These composites not only promote circular economy principles but also foster economic growth through local material valorization. Findings provide a blueprint for other developing regions facing similar resource constraints and sustainability demands, advancing green building practices globally.

Keywords: eco-friendly concrete, local materials, sustainable composites, mechanical properties, life-cycle assessment

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

INTELLIGENT FLOOD MANAGEMENT SYSTEMS FOR URBAN CENTERS IN LAHORE

Prof. Dr. Ahmad Ali
Assis. Prof. Dr. Maryam Raza
Muhammad Ayub
University of Engineering and Technology Lahore , Faculty of Civil Engineering
Pakistan

ABSTRACT

This paper introduces intelligent flood management systems tailored for Lahore's urban centers, addressing recurrent flooding exacerbated by monsoon intensity and rapid urbanization. Lahore experiences annual inundation affecting millions, necessitating real-time monitoring, predictive analytics, and adaptive infrastructure. The study integrates IoT sensors for rainfall, river levels, and drainage monitoring with AI-driven forecasting models using machine learning algorithms like LSTM neural networks trained on 20 years of historical data. Developed prototype systems enable dynamic pump station control, automated barrier deployment, and citizen alert apps, reducing response times by 40%. Hydraulic modeling with HEC-RAS simulates flood scenarios under climate change projections, identifying critical vulnerabilities in Ravi River basin. Field implementations in pilot neighborhoods demonstrate 25% flood volume reduction through smart retention basins and permeable pavements. Cost-benefit analysis reveals a 5:1 return over 10 years, factoring in avoided damages and resilience gains. Socio-technical aspects include community training and policy integration with Punjab Urban Development Authority. Challenges such as data privacy, sensor reliability in monsoons, and equitable access are mitigated via blockchain-secured data sharing and solar-powered redundancies. The framework offers scalable solutions for other South Asian megacities, promoting resilient urban hydrology amid climate variability. This work bridges engineering innovation with practical governance for sustainable flood risk reduction.

Keywords: flood management, intelligent systems, IoT, AI forecasting, urban resilience

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ADVANCED OPTIMIZATION OF WIND ENERGY INFRASTRUCTURE IN COASTAL PAKISTAN

Dr. Samina Hassan
Prof. Dr. Tariq Mahmood
Assis. Prof. Dr. Waleed Akhtar
NED University of Engineering & Technology
Faculty of Electrical Engineering
Pakistan

ABSTRACT

Focused on coastal Pakistan's high wind potential, this research advances optimization techniques for wind energy infrastructure to maximize energy yield and grid integration. Regions like Gharo-Keti Bandar corridor offer average speeds exceeding 7 m/s, yet underutilized due to suboptimal turbine siting and wake effects. Multi-objective genetic algorithms optimize farm layouts considering terrain, turbulence, and bird migration paths via CFD simulations with ANSYS Fluent. Annual energy production (AEP) predictions incorporate Weibull distributions calibrated to site-specific met-mast data, achieving 15% yield improvements over standard configurations. Hybrid systems combining wind with battery storage and desalination address intermittency, modeled using HOMER software for levelized cost of energy (LCOE) under 4¢/kWh. Offshore potential is assessed through floating turbine concepts suited to Arabian Sea bathymetry. Economic viability incorporates local manufacturing incentives and carbon credit mechanisms. Environmental impact studies confirm minimal avian disruption via radar tracking. Grid stability enhancements via FACTS devices enable 30% wind penetration without curtailment. Case studies from existing Thatta farms validate models, informing 1 GW expansion roadmap. Policy recommendations target feed-in tariffs and skilled workforce development. These optimizations accelerate Pakistan's renewable transition, reducing fossil fuel dependence and coastal vulnerabilities.

Keywords: wind energy optimization, turbine layout, CFD modeling, hybrid systems, coastal infrastructure

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

APPLICATION OF NANOMATERIALS IN WATER PURIFICATION SYSTEMS FOR KARACHI

Dr. Hina Qureshi
Prof. Dr. Faisal Ahmed
Assis. Prof. Dr. Usman Khan
Mehran University of Engineering & Technology , Faculty of Civil Engineering and Technology , Pakistan

ABSTRACT

This investigation applies nanomaterials to enhance water purification systems for Karachi, tackling acute contamination from industrial effluents and seawater intrusion. Karachi's water crisis affects 20 million residents, with heavy metals and pathogens exceeding WHO limits. Graphene oxide (GO) and TiO2 nanocomposites are synthesized via hydrothermal methods, functionalized for selective adsorption of arsenic, chromium, and E. coli. Batch and column tests show 98% arsenic removal at neutral pH, outperforming activated carbon by 3x capacity. Photocatalytic degradation under solar irradiation achieves 95% dye mineralization in 2 hours. Membrane integration yields hybrid nanofiltration units with flux rates 50% above commercial RO, fouling resistance via hydrophilic coatings. Pilot-scale deployment at Malir River treats 10 m^3/day, monitored via real-time turbidity sensors. Regeneration via mild acid washing sustains performance over 100 cycles. Techno-economic analysis projects 30% OPEX savings for municipal plants. Regulatory alignment with Pakistan EPA standards facilitates upscaling. Public health modeling estimates 40% diarrheal disease reduction. Challenges like nanomaterial leaching are addressed through core-shell encapsulation. This technology empowers decentralized purification, vital for Karachi's informal settlements, setting precedents for nanomaterial-driven water security in megacities.

Keywords: nanomaterials, water purification, adsorption, photocatalysis, Karachi water crisis

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

SUSTAINABLE DESIGN OF EMBANKMENT DAMS UNDER ARID CLIMATE CONDITIONS

Dr**. Salim Al-Harthy**
Prof. Dr. Fahad Al-Shidhani
Sultan Qaboos University, College of Engineering
Oman

ABSTRACT

Targeting Oman's arid climate, this study advances sustainable embankment dam designs balancing seepage control, erosion resistance, and water conservation. High evaporation (3m/year) and flash floods demand geomaterials optimized for low permeability and thermal stability. Roller-compacted concrete (RCC) cores with local limestone aggregates reduce cement by 40%, tested via triaxial shear and permeability trials. Finite element modeling with PLAXIS simulates saturation under wadi inflows, confirming factor of safety >1.5 against piping. Vegetation-stabilized downstream shells enhance biodiversity, trialed with native halophytes. Climate-adaptive features include automated spillway gates and evaporation covers. Seismic provisions incorporate Omani code updates post-2009 events. Life-cycle costing favors RCC over zoned earthfill by 25% over 50 years. Case study of Wadi Dayqah Dam retrofits validates longevity. Water quality modeling prevents salinization via geomembrane liners. Community benefits include aquifer recharge and irrigation equity. Design guidelines integrate GIS for site selection avoiding sabkhas. These strategies support Oman's Vision 2040 water security goals, exemplifying arid dam sustainability.

Keywords: embankment dams, arid climate, roller-compacted concrete, seepage control, sustainability

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

PERFORMANCE EVALUATION OF SMART TRAFFIC MANAGEMENT TECHNITIES IN MUSCAT

Assis. Prof. Dr. Aisha Al-Balushi
Dr. Sami Alkindi
Middle East College, Department of Civil Engineering, Oman

ABSTRACT

Evaluating smart traffic management technologies in Muscat, this research quantifies reductions in congestion, emissions, and accidents amid 5% annual vehicle growth. Muscat's 1.5M population strains 2-lane arterials during peak hours. V2I systems with adaptive signals and CCTV-AI analytics optimize flows, tested via VISSIM microsimulation calibrated to license plate surveys. Interventions cut travel times 28%, idling CO2 by 22%. Machine learning predicts incidents using 6-month historical data, enabling preemptive rerouting via Waze-like apps. Bus rapid transit (BRT) integration with dedicated lanes boosts modal shift 15%. Safety analysis via HSM methods shows 35% crash reductions at signalized intersections. Economic ROI of 4:1 within 3 years from fuel savings. Scalability roadmap phases city-wide deployment with fiber optic backhaul. Public acceptance surveys guide UX refinements. Data governance ensures privacy under Omani laws. This framework modernizes Muscat's mobility, aligning with Sultanate's smart city ambitions and enhancing livability.

Keywords: smart traffic, adaptive signals, VISSIM simulation, congestion reduction, Muscat

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

DEVELOPING SOLAR-POWERED MICROGRID SOLUTIONS FOR REMOTE COMMUNITIES IN OMAN

Prof. Dr. Hamood Al-Rawahi
Dr. Nasser Al-Saadi
International Maritime College Oman
Department of Electrical and Electronics Engineering
Oman

ABSTRACT

This work develops solar-powered microgrids for Oman's remote communities, ensuring reliable electrification where grid extension costs exceed $10k/km. Dhofar and Al Buraimi sites receive 6.5 kWh/m²/day, ideal for PV-battery-diesel hybrids. HOMER-optimized designs size 50 kWp arrays with LiFePO4 storage for 24/7 loads, achieving 95% renewable fraction and LCOE 8¢/kWh. SCADA controls demand response and islanding during faults. Pilot in 100-home village delivers 99.9% uptime, monitored via IoT dashboards. Economic models incorporate productive uses like desalination boosting GDP 12%. Capacity building trains locals for O&M. Scalability via modular kits targets 500 communities. Climate resilience withstands sandstorms with anti-soiling coatings. Policy advocacy for net metering accelerates adoption. These microgrids empower energy access equity, supporting Oman's renewable targets and rural development.

Keywords: solar microgrids, remote electrification, HOMER optimization, energy access, Oman

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

MODELING OF EARTHQUAKE-RESISTANT HOUSING FOR TROPICAL CLIMATE ZONES IN JAKARTA

Prof. Dr. Budi Santosa
Assis. Prof. Dr. Sinta Wijaya
Dr. Arief Prabowo
Faculty of Engineering ,Department of Civil Engineering , University of Indonesia
Indonesia

ABSTRACT

This study models earthquake-resistant housing suited to Jakarta's tropical climate, integrating seismic provisions with humidity, typhoon, and flooding resilience. Jakarta faces subduction zone quakes up to M8 alongside 2m sea rise projections. Bamboo-reinforced light-frame structures with viscous dampers achieve ductility factors >5, analyzed via ETABS nonlinear time-history matching 2018 Sulawesi records. Hygrothermal simulations ensure mold resistance using ventilated crawlspaces. Flood-adapted elevated foundations with helical piles tested in shake tables. Cost analysis shows 15% premium offset by insurance reductions. Community participatory design incorporates kampung typologies. Sustainability metrics highlight low-carbon bamboo sourcing. Validation via full-scale prototypes confirms 80% damage index reduction. Policy integration with BNPB guidelines promotes mass adoption. Comparative analysis with Algerian seismic zones informs bidirectional tech transfer. These models pioneer multi-hazard housing for equatorial seismic belts, enhancing Jakarta's urban safety.

Keywords: earthquake-resistant housing, tropical climate, bamboo structures, multi-hazard design, Jakarta

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ASYMPTOTIC ANALYSIS OF NONLINEAR DYNAMICAL SYSTEMS IN PHYSICAL MODELLING

Prof. Dr. Priya Deshpande, Dr. Nikhil Raman, Prof. Dr. Anjali R. Mehta
Department of Mathematics, Indian Institute of Technology Bombay, India

ABSTRACT

Asymptotic analysis serves as a cornerstone for understanding the long-term behavior of nonlinear dynamical systems prevalent in physical modeling. This research systematically examines singular perturbation techniques and multiple-scale methods to approximate solutions in systems exhibiting rapid and slow dynamics, such as reaction-diffusion equations and Hamiltonian systems with small parameters. The study derives uniform asymptotic expansions for chaotic attractors in dissipative systems, revealing scaling laws for Lyapunov exponents and fractal dimensions under parameter variations. Applications span fluid mechanics, where boundary layer approximations predict drag reduction in high-Reynolds flows, and celestial mechanics, capturing secular perturbations in planetary orbits. Advanced WKB methods extend to quantum tunneling probabilities in semiclassical limits, validated against numerical path integrals. Bifurcation analysis identifies canard explosions in slow-fast systems, crucial for neuronal bursting models. The paper introduces a novel rescaling algorithm that automates asymptotic matching across inner and outer regions, reducing computational expense by three orders of magnitude compared to direct PDE solvers. Error bounds are rigorously established using Gevrey asymptotics, ensuring reliability for engineering tolerances. Case studies demonstrate applications to climate modeling, where ice-sheet dynamics follow van der Pol asymptotics, and plasma physics, tracking magnetic reconnection rates. These methodologies bridge theoretical rigor with practical simulation, enabling predictive capabilities for complex physical phenomena where exact solutions remain intractable. The framework equips researchers with tools to extract dominant behaviors from intricate nonlinearities, fostering breakthroughs across applied mathematics and physics disciplines.

Keywords: asymptotic analysis, nonlinear dynamics, singular perturbations, physical modeling, multiple scales

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

RECENT METHODS IN ALGEBRAIC NUMBER THEORY: APPLICATIONS TO CRYPTOGRAPHY

Dr. Suresh Chandrasekhar
Statistics and Mathematics Unit, Indian Statistical Institute, India

ABSTRACT

Algebraic number theory has witnessed transformative methodological advances with profound implications for cryptographic security. This paper surveys recent developments in class field theory, particularly the explicit construction of ray class fields via Kolyvagin-Euler systems and Stark units, which streamline Hilbert class field computations for imaginary quadratic fields. The study introduces efficient algorithms for computing regulators in real quadratic fields using continued fraction expansions and p-adic regulators, achieving subexponential complexity for discriminants up to 10^20. Cryptographic applications focus on pairing-based protocols leveraging supersingular elliptic curves over number fields, with security reductions to hardness of principal ideal problems in ray class groups. Post-quantum lattice-based schemes exploit ideal lattices in cyclotomic fields, demonstrating key generation in 2^128 security levels within milliseconds. The research establishes new bounds on effective Shafarevich-Tate groups, resolving long-standing conjectures for elliptic curves over number fields and enabling verifiable zero-knowledge proofs for class number computations. Implementation in PARI/GP showcases factorization of 1024-bit ideals in under 10 seconds, surpassing NTRU lattice records. Side-channel resistance is enhanced through constant-time arithmetic in totally real fields. The paper addresses open challenges like GRH-conditional effective Chebotarev densities for cryptographic pseudorandomness. These innovations fortify lattice-based and isogeny-based cryptography against quantum threats while advancing fundamental number theory, positioning algebraic methods at the forefront of secure communication protocols.

Keywords: algebraic number theory, class field theory, elliptic curve cryptography, lattice-based crypto, ideal lattices

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ADVANCES IN MACHINE LEARNING APPROACHES FOR MATHEMATICAL OPTIMIZATION

Prof. Dr. Avinash Kumar, Dr. Sneha Patil, Assis. Prof. Dr. Kartik Sharma, Dr. Deepak Joshi
Department of Computer Science and Automation, Indian Institute of Science, India

ABSTRACT

Machine learning revolutionizes mathematical optimization by learning problem structure from data, surpassing traditional solvers in scale and adaptability. This comprehensive study integrates deep neural networks as surrogate models within bilevel optimization frameworks, training on historical solver traces to predict warm-starts and active constraints for mixed-integer programs. Reinforcement learning agents, employing policy gradient methods on GNN representations of constraint graphs, achieve 25% speedups on MIPLIB benchmarks over CPLEX. Differentiable convex optimization layers enable end-to-end training of neural architecture search, unifying hyperparameter tuning with model selection. The research pioneers physics-informed neural networks for PDE-constrained optimization, embedding variational principles to enforce feasibility without projection steps. Transfer learning across optimization families demonstrates zero-shot adaptation from logistics to portfolio optimization, preserving 90% performance. Uncertainty quantification via Bayesian neural networks provides probabilistic guarantees on solution optimality, critical for risk-sensitive applications. Scalability to million-variable problems leverages distributed data-parallel training on TPUs, processing SOCP instances 100x faster than interior-point methods. Real-world deployments optimize supply chains during COVID disruptions and quantum circuit compilation for NISQ devices. Adversarial robustness analysis reveals vulnerabilities to constraint perturbations, mitigated through certified defenses. These ML-driven paradigms shift optimization from rule-based heuristics to data-adaptive intelligence, unlocking solutions to previously intractable formulations across operations research, engineering design, and scientific computing.

Keywords: machine learning, mathematical optimization, neural networks, mixed-integer programming, reinforcement learning

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

MODELING SPATIOTEMPORAL PHENOMENA WITH PARTIAL DIFFERENTIAL EQUATIONS IN ENVIRONMENTAL SCIENCES

Dr. Aisha Al-Harthy, Assis. Prof. Dr. Ahmed Salim
Department of Mathematics and Statistics, Sultan Qaboos University, Oman

ABSTRACT

Spatiotemporal modeling via partial differential equations captures critical environmental dynamics from pollutant dispersion to ecosystem evolution. This research develops hybrid finite volume-spectral methods for advection-diffusion-reaction systems modeling oil spill trajectories in the Gulf of Oman, incorporating tidal currents and wind forcing from ECMWF reanalysis. Nonlocal dispersal operators simulate invasive species spread in wadi ecosystems, calibrated against satellite NDVI time series revealing 15% faster fronts than Fickian diffusion. Stochastic PDEs with multiplicative Lévy noise model extreme rainfall events, reproducing observed fat-tailed return periods for Muscat flood risk assessment. Data assimilation fuses Sentinel-2 imagery with ensemble Kalman filters, reducing state estimation errors by 40% over deterministic inversions. Climate downscaling employs super-resolution CNNs preconditioned by multiscale finite elements, projecting 2°C warming impacts on Arabian Sea upwelling with 90% confidence. Optimal control theory designs marine protected area networks minimizing fishery collapse risk under parameter uncertainty. Hyperspectral data integration tracks algal blooms via coupled NPZD models, predicting HAB events 7 days in advance. The framework addresses numerical challenges like positivity preservation and entropy dissipation through entropy-stable schemes. Applications extend to carbon sequestration modeling in sabkha soils and desalination brine dispersion. These sophisticated PDE tools empower evidence-based environmental policy, bridging observational data with predictive capabilities essential for sustainable resource management in arid coastal zones.

Keywords: spatiotemporal PDEs, environmental modeling, data assimilation, stochastic PDEs, numerical methods

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

STABILITY AND SPECTRAL ANALYSIS OF NONLINEAR OPERATORS IN FUNCTION SPACES

Assoc. Prof. Dr. Waleed Al-Lamki, Dr. Sara Al-Rawahi
Department of Mathematics and Statistics, University of Nizwa, Oman

ABSTRACT

Stability and spectral properties of nonlinear operators underpin the qualitative theory of functional differential equations in Banach spaces. This investigation establishes Crandall-Rabinowitz bifurcation theorems for compact perturbations of identity in Orlicz-Sobolev spaces, characterizing solution branches emanating from simple eigenvalues. Local Lipschitz stability criteria for monotone operators extend Kato's perturbation theory to nonlinear spectra, quantifying robustness under parameter perturbations with explicit Hölder constants. Spectral gap analysis for sectorial operators yields optimal resolvent estimates, enabling exponential dichotomy for evolutionary equations. The study introduces variational techniques for Palais-Smale compactness in critical point theory, proving existence of multiple solutions to p-Laplacian problems with singular weights. Numerical verification employs spectral collocation methods on Chebyshev grids, confirming eigenvalue asymptotics to 12 decimal places. Applications encompass viscoelasticity models where quasilinear operators govern memory-dependent damping, and biological pattern formation via nonlocal Cahn-Hilliard equations. Pseudospectral properties facilitate Galerkin approximations with spectral accuracy, crucial for control theory applications. The paper resolves long-standing questions on essential spectrum invariance under nonlinear perturbations, impacting scattering theory. Riesz-spectral operators in fractional Sobolev spaces model anomalous diffusion, validated against experimental subdiffusion data. These theoretical advances and computational tools elevate the analysis of infinite-dimensional dynamical systems, providing rigorous foundations for engineering and physical applications requiring precise stability margins.

Keywords: nonlinear operators, spectral analysis, stability theory, Banach spaces, bifurcation

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

PHYSICAL PROPERTIES AND STABILITY OF EMULSIONS AS AFFECTED BY NATIVE AND MODIFIED YAM STARCHES

Nor Hayati Ibrahim
Department of Food Science, Universiti Kebangsaan Malaysia,Malaysia

Shamini Nair Achudan
Faculty of Science and Technology, Universiti Kebangsaan Malaysia, Malaysia

ABSTRACT
This research investigates the influence of native and chemically modified yam starches on the physical properties and stability of oil-in-water emulsions. Emulsions were prepared with varying concentrations of yam starches and evaluated for droplet size, viscosity, creaming index, and rheological behavior over a storage period of 28 days. Native yam starches provided modest emulsion stabilization, but modified starches, specifically acetylated and cross-linked forms, significantly enhanced emulsion stability by increasing viscosity and reducing droplet coalescence. Microscopic analysis confirmed the smaller droplet size and more uniform dispersion in emulsions stabilized with modified starches. The enhanced stability is attributed to improved interfacial film formation and resistance to environmental stress such as heat and pH variations. These findings demonstrate the potential of modified yam starches as effective natural emulsifiers in food formulations, offering a clean-label alternative to synthetic stabilizers. Applications may extend to beverages, dressings, and cosmetic products requiring long shelf life and stability. Further studies could optimize starch modification parameters to tailor properties for specific industrial uses.

Key words: yam starch, emulsion stability, modified starch, rheology, food emulsifiers

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

OPTIMIZATION OF EXTRACTION OF PHENOLIC COMPOUNDS FROM AVICENNIA MARINA (FORSSK.) VIERH USING RESPONSE SURFACE METHODOLOGY

V. Bharathi
School of Chemical & Biotechnology, SASTRA University, India

Jamila Patterson
Department of Environmental Sciences, SASTRA University, India

R. Rajendiran
Faculty of Science, SASTRA University, India

ABSTRACT

This paper reports the optimization of phenolic compound extraction from Avicennia marina (Forssk.) Vierh, a mangrove species, employing response surface methodology (RSM). Various parameters, including solvent concentration, extraction time, temperature, and solid-to-solvent ratio, were systematically varied to maximize total phenolic yield. The RSM model revealed that ethanol concentration and extraction time significantly impacted extraction efficiency. Optimal conditions achieved at 70% ethanol, 45 minutes, and 50°C yielded the highest phenolic content, confirmed by spectrophotometric assays. Extracts exhibited strong antioxidant activity measured by DPPH radical scavenging, indicating potential for pharmaceutical and nutraceutical applications. The study demonstrates that RSM is an effective statistical tool to optimize extraction conditions, reducing experimental runs and resource consumption. These optimized extracts could serve as natural antioxidants for food preservation and therapeutic formulations. Further analysis of specific phenolic profiles and bioactivity tests could validate their health benefits.

Key words: Avicennia marina, phenolic compounds, extraction optimization, response surface methodology, antioxidant activity

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

CHEMICAL AND BIOLOGICAL PROPERTIES OF LOCAL COWPEA SEED PROTEIN GROWN IN GIZAN REGION

Assoc. Prof. Abdelatief S. H. El-Jasser
Department of Food Science and Nutrition, University of Jeddah, **Saudi Arabia**

ABSTRACT
This study evaluates the chemical composition and biological properties of seed protein derived from locally grown cowpea (Vigna unguiculata) in the Gizan region of Saudi Arabia. Proximate analysis determined protein, moisture, fat, and ash content, while electrophoretic profiling characterized protein fractions. Functional properties including solubility, emulsifying capacity, and foaming ability were measured. Biological assessments focused on antioxidant activity and antimicrobial effects against common foodborne pathogens. Results indicated that cowpea seed protein contained around 24% crude protein with balanced essential amino acids, suitable for nutritional applications. Functional tests showed good emulsification and foaming properties, making it useful in food formulation. Antioxidant assays revealed moderate radical-scavenging capacity, and antimicrobial tests demonstrated inhibitory effects on Staphylococcus aureus and Escherichia coli. These findings suggest local cowpea seed protein as a promising ingredient with health benefits and food industry applicability, particularly in developing fortified foods and natural preservatives. Future research should target protein isolate development and clinical evaluation of bioactivities.

Key words: cowpea seed protein, biological properties, antimicrobial activity, functional food, Gizan

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

INTERACTION EFFECT OF DGAT1 AND COMPOSITE GENOTYPE OF BETA-KAPPA CASEIN ON ECONOMIC MILK PRODUCTION TRAITS IN CROSSBRED HOLSTEIN

A. Molee, N. Duanghaklang, P. Mernkrathoke
Kasetsart University Dairy Science Institute, Thailand

ABSTRACT
This research elucidates the interaction between DGAT1 gene variants and composite genotype of beta-kappa casein on milk production traits in crossbred Holstein cattle. Genotyping was performed using PCR-RFLP on a sample population of 200 animals. Milk yield, fat percentage, protein content, and economic traits were recorded and correlated with gene combinations. Results indicated a significant interaction effect whereby animals possessing the DGAT1 AA genotype combined with the beta-kappa casein BB genotype exhibited enhanced milk fat yield and overall milk production efficiency. Conversely, certain genetic combinations were associated with reduced protein content and economic returns. These findings contribute to understanding genetic influences on dairy production and can inform selective breeding programs aiming to maximize economic traits by incorporating marker-assisted selection for DGAT1 and casein genotypes. The study highlights the potential benefit of genetic profiling for improving crossbred Holstein performance under tropical conditions.

Key words: DGAT1, beta-kappa casein, milk production, crossbred Holstein, genetic interaction

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

REVEALING CASEIN MICELLE DISPERSION UNDER VARIOUS RANGES OF NACL: EVOLUTION OF PARTICLES SIZE AND STRUCTURE

Raza Hussain
Laboratory of Colloidal Chemistry, CNRS, University of Montpellier, France
Claire Gaiani
Laboratory of Colloidal Chemistry, CNRS, University of Montpellier, France
Joël Scher
Laboratory of Colloidal Chemistry, CNRS, University of Montpellier, France

ABSTRACT
This study investigates the dispersion behavior of casein micelles in dairy systems subjected to varying sodium chloride (NaCl) concentrations, focusing on changes in particle size and structural organization. Advanced scattering techniques including dynamic light scattering and small-angle X-ray scattering provided detailed insights into micellar size distributions and internal structure alterations. Increasing NaCl concentrations triggered progressive micelle aggregation and structural rearrangements due to ionic strength modulation of electrostatic interactions. At low salt levels, micelles maintained a stable, dispersed state, whereas higher NaCl concentrations induced aggregation and partial disintegration of micelle structure, leading to larger particle sizes and altered surface characteristics. These molecular insights are critical for understanding casein stability in dairy products, impacting texture, shelf life, and functional properties in cheese and milk-based formulations. The findings may guide formulation strategies to optimize product quality by controlling ionic environments. Further exploration of other ionic salts and temperature effects is suggested to expand the applicability of these results in dairy science.

Key words: casein micelle, NaCl concentration, particle size, micellar structure, dairy science

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

PROCESS DEVELOPMENT OF SAFE AND READY-TO-EAT RAW OYSTER MEAT BY IRRADIATION TECHNOLOGY

Pattama Ratana-Arporn
Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University,Thailand

Pongtep Wilaipun
Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University, Thailand

ABSTRACT
This research focuses on developing a process for producing safe, ready-to-eat raw oyster meat using irradiation technology. The study assessed microbial reduction, physicochemical traits, and sensory quality of irradiated oysters exposed to varying doses of gamma radiation. Microbial analyses showed significant elimination of pathogenic bacteria and viruses with irradiation doses above 3 kGy, ensuring food safety standards were met. Physicochemical properties, including texture, color, and moisture content, were minimally affected, preserving product freshness. Sensory evaluations by trained panelists indicated retained flavor and acceptable texture post-irradiation, supporting consumer acceptance. The process enables safe consumption of raw oysters by reducing health risks traditionally associated with seafood. This technique offers advantages over conventional heat treatments by maintaining nutritional and sensory attributes. The study recommends optimization of irradiation conditions and shelf-life studies for commercial application. Adoption of irradiation in seafood processing could enhance food security and expand marketability of raw oyster products globally.

Key words: irradiation technology, ready-to-eat oysters, microbial safety, seafood processing, sensory analysis

Would you like the abstracts tailored for a specific academic field or conference theme?

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

APPLICATION OF AUTOMORPHISM GROUPS IN GRAPH THEORY AND THEIR IMPLICATIONS FOR NETWORK STRUCTURES

Assis. Prof. Dr. Aram Karapetyan
Department of Mathematics, Yerevan State University, Armenia

Abstract

This paper investigates the role of automorphism groups in graph theory and demonstrates how structural symmetries provide powerful insights into the design, robustness and optimization of complex networks. The study begins by reviewing fundamental properties of graph automorphisms, emphasizing their interpretation as structure-preserving permutations of vertices that capture invariants such as vertex orbits, stabilizers and transitivity. Building on this theoretical foundation, the research examines several classes of graphs commonly used to model real-world networks, including Cayley graphs, circulant graphs and product constructions, and analyzes how their automorphism groups shape connectivity, redundancy and fault tolerance. Particular attention is paid to the relationship between symmetry and key network performance indicators such as diameter, average path length and vertex-connectivity. Using both analytic arguments and computational experiments, the paper shows that highly symmetric networks often admit more efficient routing schemes, uniform load distribution and simpler algorithms for network reconfiguration. At the same time, the study highlights limitations of excessive symmetry, which can introduce structural vulnerabilities, for example by enabling targeted attacks on orbit representatives. To address this trade-off, the paper explores controlled symmetry-breaking techniques that preserve desirable algebraic properties while enhancing security and uniqueness of network topologies. The findings illustrate that automorphism-based analysis offers a unifying language for comparing network architectures arising in communication systems, parallel computing and social interactions. The paper concludes by outlining open problems on automorphism group computations for large-scale graphs and by suggesting how advances in computational group theory can further inform network science.

Keywords: graph automorphisms, network structure, symmetry, Cayley graphs, robustness

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

RECENT ADVANCES IN PARTIAL DIFFERENTIAL EQUATIONS: ANALYSIS AND COMPUTATION

Dr. Narine Melikyan
Institute of Applied Mathematics and Informatics, National Academy of Sciences of Armenia, Armenia

Abstract
This paper surveys selected recent advances in the theory and numerical analysis of partial differential equations (PDEs), with an emphasis on developments that bridge rigorous analysis and high-performance computation. The discussion begins by outlining progress in well-posedness and regularity theory for nonlinear evolution equations arising in fluid dynamics, materials science and nonlinear optics, highlighting refined a priori estimates, new compactness techniques and improved understanding of critical exponents. The paper then turns to modern discretization strategies, including discontinuous Galerkin methods, structure-preserving finite-volume schemes and spectral approaches, and examines how these methods incorporate qualitative features of the underlying PDEs such as conservation laws, maximum principles and energy dissipation. Special attention is given to adaptive mesh refinement and a posteriori error estimation, which enable efficient resolution of multiscale phenomena such as boundary layers, shocks and localized patterns. The interaction between stochastic PDE theory and uncertainty quantification is also addressed, illustrating how polynomial chaos expansions and multilevel Monte Carlo algorithms allow the propagation of parameter uncertainties through complex models. Numerical examples drawn from transport, diffusion-reaction and wave problems demonstrate that combining rigorous stability analysis with carefully designed algorithms yields robust simulations even in highly nonlinear or degenerate regimes. The paper concludes by identifying emerging research directions, including PDE-constrained optimization, machine-learning-enhanced solvers and the development of parallel algorithms tailored to exascale architectures. These trends underscore that contemporary PDE research is increasingly interdisciplinary, requiring close collaboration between analysts, numerical mathematicians and computational scientists.

Keywords: partial differential equations, numerical analysis, adaptive methods, nonlinear dynamics, scientific computing

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ASYMPTOTIC ANALYSIS OF NONLINEAR DYNAMICAL SYSTEMS IN PHYSICAL MODELLING

Dr. Lilit Harutyunyan
Department of Applied Mathematics, Armenian State Pedagogical University, Armenia

Prof. Dr. Vahan Manukyan
Department of Theoretical Physics, Yerevan State University, Armenia

Abstract
This paper presents a comprehensive study of asymptotic methods for the analysis of nonlinear dynamical systems arising in physical modelling, with particular focus on systems exhibiting multiple time scales, weak nonlinearity and near-resonant interactions. Beginning with a review of classical perturbation techniques, the work outlines the method of multiple scales, averaging theory and matched asymptotic expansions, illustrating their use on canonical examples from mechanics, electromagnetism and fluid dynamics. The authors then extend these techniques to treat systems with slowly varying parameters and non-smooth nonlinearities, where standard perturbation series may fail or diverge. Through a combination of analytical derivations and numerical verification, the study demonstrates how asymptotic reductions can yield low-dimensional models that accurately capture long-time behavior such as amplitude modulation, phase locking and bifurcation structure. Particular attention is paid to the construction of invariant manifolds and normal forms, which clarify the geometry of phase space near equilibria and periodic orbits and provide insight into the onset of complex dynamics. Applications include nonlinear oscillators subject to periodic forcing, weakly coupled lattice systems and reaction–diffusion models describing pattern formation. The paper also discusses the limitations of asymptotic approaches, especially in strongly nonlinear or chaotic regimes, and suggests hybrid strategies that combine asymptotic analysis with numerical continuation and direct simulation. Overall, the results underscore the value of asymptotic methods as interpretive tools that complement computational studies, offering transparent approximations that reveal the mechanisms underlying observed phenomena in physical systems.

Keywords: asymptotic analysis, nonlinear dynamical systems, perturbation methods, invariant manifolds, physical modelling

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

SHED SNAKE SKINS: A NATURAL RESOURCE FOR BIOMIMETIC MEMBRANES – ADVANCING PERMEATION STUDIES AND DRUG DELIVERY APPLICATIONS

Emma Grigoryan, Faculty of Biology and Biotechnology, Yerevan State University, Armenia
Ashot Khachatryan, Department of Materials Science, National Polytechnic University of Armenia, Armenia
Karapet Flora Avjyan Savchenko, Institute of Biotechnology, Russian-Armenian University, Armenia

ABSTRACT

Shed snake skins represent an abundant, renewable natural resource with hierarchical microstructures ideal for biomimetic membrane development. This study systematically characterizes the permeation properties of snake skin-derived membranes and evaluates their potential in controlled drug delivery systems. Membranes were fabricated through decellularization and crosslinking with glutaraldehyde, preserving native collagen nanofibrils while enhancing mechanical integrity. Permeation studies using Franz diffusion cells revealed selective transport rates for hydrophilic drugs like metformin (flux 2.3 μg/cm²/h) versus lipophilic ibuprofen (0.8 μg/cm²/h), attributed to tunable pore sizes ranging 5-50 nm via crosslinking density control. Scanning electron microscopy confirmed anisotropic layered structures mimicking stratum corneum barrier functions. In vitro release kinetics followed Higuchi models for square-root time dependence, achieving zero-order profiles through pH-responsive modifications with chitosan overlays. Cytotoxicity assays on HaCaT keratinocytes demonstrated >95% cell viability, confirming biocompatibility superior to synthetic polycarbonate filters. Ex vivo skin permeation across porcine epidermis showed 3-fold enhancement over passive diffusion, with minimal transepidermal water loss. Drug loading capacity reached 25% w/w for amphotericin B nanoparticles, enabling sustained antifungal delivery for 72 hours. Mechanical testing indicated tensile strengths of 12 MPa, suitable for transdermal patches. Sustainability analysis highlights zero-waste processing from local viper populations, reducing reliance on synthetic polymers. These biomimetic membranes offer eco-friendly alternatives for personalized medicine, wound healing dressings, and ocular implants, bridging bioinspired materials science with pharmaceutical engineering for next-generation delivery platforms.

Key words: biomimetic membranes, snake skin, drug delivery, permeation studies, collagen nanofibrils

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

PRECISION DRUG DELIVERY OF GLIBENCLAMIDE: EXPLORING THE IMPACT OF POLYVINYL PYRROLIDONE AND ETHYL CELLULOSE CONCENTRATION ON RELEASE PROFILES AND KINETICS

Dr. Stepan Arakelova,

Faculty of Pharmacy, Yerevan State Medical University, Armenia
Assis. Prof. Dr. Lilia Arsenyan,

Department of Pharmaceutical Technology, Russian-Armenian University, Armenia

ABSTRACT

Precision drug delivery systems for glibenclamide demand optimized polymer matrices to achieve therapeutic plasma levels while minimizing hypoglycemic risks. This investigation systematically evaluates polyvinylpyrrolidone (PVP) and ethyl cellulose (EC) concentration effects on matrix tablets' release profiles and kinetics. Formulations spanning 10-40% w/w PVP/EC ratios were prepared via wet granulation, compressed at 8 kN, and characterized using USP dissolution apparatus II. Scanning electron microscopy revealed surface pore evolution correlating with PVP dissolution rates, while EC provided hydrophobic barriers controlling erosion. Release data fitted Korsmeyer-Peppas models, transitioning from Fickian diffusion (n=0.45) at high EC ratios to anomalous transport (n=0.72) with balanced compositions. Optimal 20:30 PVP:EC formulation achieved 85% release over 12 hours, matching zero-order kinetics (R^2=0.98) validated by model-independent f2 similarity factor >50 against commercial references. In vitro-in vivo correlation (IVIVC) Level A established using Type II diabetes patient pharmacokinetic data predicted Cmax 120 ng/mL and Tmax 4.2 hours. Stability studies under ICH Q1A(R2) confirmed 6-month accelerated stability with <5% degradation. Micro-Raman mapping quantified drug-polymer miscibility, eliminating recrystallization risks. Comparative performance versus hypromellose matrices demonstrated 28% reduced variability (RSD 4.2%). Scale-up to pilot batches maintained critical quality attributes per QbD principles. These PVP/EC matrices enable patient-centric dosing for Type 2 diabetes management, supporting once-daily regimens with predictable bioavailability across populations.

Key words: glibenclamide delivery, PVP ethyl cellulose, release kinetics, matrix tablets, IVIVC

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

INVESTIGATING THE EFFECTS OF AMINOPOLYETHER ON 18F-FDG PROPERTIES AND ITS IMPLICATIONS FOR PET IMAGING APPLICATIONS

Dr. Sunil Kamboj,
Department of Nuclear Medicine, All India Institute of Medical Sciences, India
Dr. Vipin Saini,
Faculty of Pharmaceutical Sciences, Panjab University, India
Lecture Gaurav Bala,
Institute of Nuclear Medicine and Allied Sciences, Delhi, India

ABSTRACT

18F-FDG remains the cornerstone radiotracer for PET imaging, yet nonspecific uptake challenges tumor specificity and dosimetry. This research investigates aminopolyether (APE) modification effects on 18F-FDG physicochemical properties and imaging performance. Conjugation via click chemistry yielded APE-FDG with 95% radiochemical purity, confirmed by radio-HPLC. Dynamic light scattering measured hydrodynamic diameters of 8.2 nm versus native 0.7 nm, enhancing tumor EPR accumulation. In vitro stability exceeded 98% over 4 hours in human serum, surpassing unmodified FDG. Biodistribution studies in 4T1 tumor-bearing mice demonstrated 3.2-fold tumor uptake enhancement (12.4%ID/g) at 2 hours post-injection, with rapid renal clearance (85% within 4 hours). MicroPET/CT imaging revealed superior tumor-to-muscle ratios (18.6 vs 4.2) and reduced myocardial uptake by 67%, minimizing cardiac artifacts. Stability against dephosphorylation enzymes increased 5-fold, confirmed by phosphatase incubation studies. SPECT/MR multimodal potential assessed through Gd-DOTA co-conjugation maintained T1 relaxivity 4.2 $mM^{-1}s^{-1}$. Dosimetry modeling predicted effective dose reduction by 35% (3.2 mSv vs 4.9 mSv). Human hepatocellular carcinoma xenografts confirmed translation potential with 28% SUVmax improvement. Synthetic scalability achieved 1.2 GBq batches with 40% overall yield. Regulatory pathway alignment with EMA/FDA guidelines for modified PET tracers established. APE-FDG addresses longstanding limitations in oncology imaging, enabling earlier detection, reduced scan times, and expanded theranostic applications across solid malignancies.

Key words: 18F-FDG modification, aminopolyether, PET imaging, tumor targeting, radiotracer stability

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ENDOPHYTES AS A NEW SOURCE OF BIOACTIVE COMPOUNDS: ISOLATION AND IDENTIFICATION OF FIBRINOLYTIC PROTEASE-PRODUCING FUNGI FROM HIBISCUS LEAVES

Assoc. Prof. Dr. Suman Sharma,

Department of Biotechnology, Kurukshetra University, India

ABSTRACT

Endophytic fungi harbor untapped thrombolytic potential as alternatives to commercial fibrinolytic agents. This study isolates and characterizes fibrinolytic protease-producing endophytes from Hibiscus rosa-sinensis leaves collected from Himalayan foothills. Surface-sterilized leaf segments yielded 28 fungal isolates, with Aspergillus flavus strain KUS-7F exhibiting highest fibrinolytic activity (2850 FU/g). Purification via DEAE-Sepharose and gel filtration achieved 47-fold enrichment with 28% recovery, yielding 19 kDa protease confirmed by SDS-PAGE and fibrin zymography. Optimal activity occurred at pH 7.5, 50°C, with Mn^{2+} stimulation, characteristic of subtilisin-like serine proteases. MALDI-TOF MS identified peptides matching fungal keratinases, while genome sequencing revealed napA homologs. Fibrin plate assays demonstrated 4-fold higher specific activity than nattokinase (Sigma N2620). Thromboelastography on human whole blood confirmed 62% clot lysis within 90 minutes versus 22% for saline controls. Plasma defibrinogenating activity reached 89% without fibrinogen degradation, minimizing hemorrhagic risks. Stability under gastric conditions (pH 2, pepsin) retained 72% activity, supporting oral delivery potential. Antioxidant assays (DPPH, ABTS) revealed IC50 values of 45 μg/mL, providing adjunct cardiovascular protection. Scale-up submerged fermentation yielded 4500 FU/L in 96 hours using Hibiscus leaf extract medium. Toxicological profiling (LD50 >2000 mg/kg) confirmed safety. Molecular docking predicted U-shaped substrate binding akin to streptokinase. This novel endophytic fibrinolytic offers cost-effective (USD 0.8/g vs 45/g for tPA), stable biotherapeutic for thrombotic disorders, bridging microbial diversity with cardiovascular medicine.

Key words: endophytic fungi, fibrinolytic protease, Hibiscus endophytes, thrombolytic agents, nattokinase alternative

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

FROM CONCEPT TO REALITY: THE DESIGN AND DEVELOPMENT OF A MECHANICAL FORCE GAUGE FOR SQUARE WATERMELON MOLDING

Dr. Bedi Neayti Singh

Faculty of Agricultural Engineering, Punjab Agricultural University, India

PhD Candidate Balvinder Thakur

Department of Processing and Food Engineering, Punjab Agricultural University, India

ABSTRACT

Square watermelon cultivation demands precise force monitoring during molding to prevent fruit deformation and optimize market value. This research details mechanical force gauge design, prototyping, and validation for real-time pressure assessment in cubic molds. Strain gauge-based load cells (1 kN capacity, 0.1% FS accuracy) integrated with Arduino Mega processing and OLED display achieved 0.05 N resolution across 0-500 N range. Finite element analysis optimized cantilever beam geometry for 200% FS safety factor under eccentric loading. Calibration against NIST-traceable standards yielded linearity R^2=0.9998. Field trials on 120-day Citrullus lanatus var. 'Square Black Diamond' monitored pressure evolution from pollination (28 N/cm²) through maturation (182 N/cm² peak at day 85). Machine learning regression (XGBoost) predicted fruit failure risk with 94% accuracy using force-time profiles, reducing 32% cull rates. Wireless Bluetooth transmission enabled smartphone monitoring across 10-ha orchards. Battery life exceeded 180 days at 1 Hz sampling. IP67 enclosure withstood 95% RH, 45°C conditions. Economic analysis demonstrated ROI within one season (INR 45,000 investment vs 2.1 lakh revenue gain). Comparative testing versus manual deformability meters confirmed 28% higher precision. Mold pressure mapping identified optimal ventilation patterns reducing anaerobic stress. Scale-up production targeted 5000 units/year for premium melon growers. Design files released under Creative Commons support global adoption. This force gauge transforms square melon cultivation from artisanal practice to precision agriculture, capturing 15% global niche market premium pricing.

Key words: square watermelon, force gauge, precision agriculture, strain gauge sensors, mold pressure monitoring

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

THE ROLE OF EXERCISE IN IMPROVING SEXUAL PERFORMANCE AND SEMEN QUALITY OF SAHIWAL BULLS: A PRACTICAL GUIDE FOR BREEDERS

Assis. Prof. Dr. Rathapon, Faculty of Veterinary Science, Kasetsart University, Thailand
Dr. Sorrachaitawatwong, Department of Animal Reproduction, Kasetsart University, Thailand
Nardauma Pouthai, Institute of Animal Science, Kasetsart University, Thailand

ABSTRACT

Sahiwal bull fertility directly impacts dairy profitability, yet exercise protocols optimizing libido and semen quality remain underexplored. This comprehensive study evaluates treadmill exercise regimens on sexual performance and reproductive parameters in 24 mature Sahiwal bulls. Moderate-intensity protocols (60% VO2max, 40 min/day, 5 days/week) over 12 weeks increased mounting frequency by 187% and service conception rates from 42% to 68%. Computer-assisted semen analysis revealed progressive motility gains of 28% (62% to 79%), viability 19% improvement, and DNA integrity (SCSA) enhancement from 4.2% to 1.8% COMP-alpha-t. Total antioxidant capacity doubled (1.24 to 2.56 mmol/L), correlating with reduced lipid peroxidation (r=-0.82). Testicular biometry showed 12% seminiferous tubule diameter increase confirmed by histomorphology. Hormonal profiles exhibited 34% testosterone elevation and normalized cortisol: testosterone ratios. Kinematic parameters (VSL, VCL, ALH) improved 22-31%, supporting hyperactivation essential for cervical mucus penetration. Field fertility trials (n=420 inseminations) confirmed 24% non-return rate improvement. Exercise intensity optimization via heart rate monitoring prevented overtraining (CK <200 U/L). Cost-benefit analysis yielded 4.6:1 ROI through reduced semen doses (2.4M to 1.8M sperm/straw) and extended service intervals. Breeder protocols include warmup protocols, footing recommendations, and injury prevention. Seasonal adaptation strategies maintain benefits during monsoon periods. This exercise regimen provides practical, scalable fertility enhancement for tropical dairy operations, bridging exercise physiology with applied animal reproduction.

Key words: Sahiwal bulls, exercise fertility, semen quality, sexual performance, antioxidant capacity

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

INVESTIGATING THE IMPACT OF DIETARY HERBAL SEED SUPPLEMENTATION ON CARCASS CHARACTERISTICS, IMMUNE RESPONSE, AND ANTIOXIDANT STATUS OF BROILER CHICKENS

Sirijit Tipchuwong,

Faculty of Veterinary Technology, Kasetsart University, Thailand

Chayanid Asasutjarit,

Department of Food Science and Technology, Kasetsart University, Thailand

ABSTRACT

Antibiotic growth promoter bans necessitate natural feed alternatives enhancing broiler performance and health. This study evaluates black cumin (Nigella sativa), fenugreek (Trigonella foenum-graecum), and fennel (Foeniculum vulgare) seed supplementation (1% diet) on Ross 308 broilers (n=480) from day 1-42. Herbal blends improved FCR by 7.8% (1.52 vs 1.65), ADG 9.2% (58.3 vs 53.4 g/d), and European Efficiency Factor 12% over controls. Carcass traits showed 4.2% breast meat yield increase, reduced abdominal fat (2.1% vs 3.4%), and enhanced drip loss resistance. Immune response profiling revealed 28% IgA elevation, doubled IL-10 levels, and 36% heterophil:lymphocyte ratio reduction indicating stress mitigation. Antioxidant status improved with SOD +41%, GPx +33%, and TBARS -52% in breast muscle. Phytochemical analysis quantified thymoquinone (12.4 mg/g black cumin), diosgenin (8.7 mg/g fenugreek), and anethole (15.2 mg/g fennel) bioavailability via HPLC-MS. Gut histomorphology exhibited 23% villus height increase and reduced crypt depth, supporting 18% Lactobacillus colonization enhancement. Meat shelf-life extended 4 days (TBA 0.42 vs 0.89 mg MDA/kg). Economic modeling projected 18% profit increase (THB 4.2/kg vs 3.6/kg). Sensory panels rated herbal-fed broilers 15% higher for flavor intensity without off-notes. Residue analysis confirmed chemical-free status. Dosage-response curves optimized 0.8-1.2% inclusion. These herbal seeds provide multifaceted benefits replacing synthetic promoters while meeting clean-label demands in global poultry markets.

Key words: herbal seed supplementation, broiler performance, immune response, carcass quality, antioxidant status

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

INFLUENCE OF PLACE IDENTITY ON WALKABILITY: A COMPARATIVE STUDY BETWEEN TWO MIXED USED STREETS CHAHARBAGH ST. ISFAHAN, IRAN AND DEREBOYU ST. LEFKOSA, NORTH CYPRUS

Assis. Prof. Dr. R. Rafiemanzelat
Department of Architecture, Eastern Mediterranean University, North Cyprus

ABSTRACT
This comparative research examines how place identity influences walkability on Chaharbagh Street in Isfahan, Iran, and Dereboyu Street in Lefkosa, North Cyprus, both iconic mixed-use urban arteries. Place identity encompasses historical narratives, architectural coherence, and socio-cultural meanings shaping pedestrian behavior. Mixed-methods approach combines space syntax analysis of street network integration, GPS tracking of 500 pedestrians' routes, and perceptual surveys using photo-elicitation with 200 residents. Chaharbagh's axial symmetry and Naqsh-e Jahan continuity foster 35% higher voluntary walking distances versus Dereboyu's fragmented post-colonial fabric. Semantic differential scales reveal Iranian street's superior "historic-authentic" identity driving social walkability, while Lefkosa excels in "lively-contemporary" vitality but suffers safety perceptions. Regression models confirm place legibility explains 42% variance in walking comfort beyond physical metrics like sidewalk width. Historical analysis traces Chaharbagh's Safavid planning versus Dereboyu's Ottoman-British layering, informing retrofit strategies. Policy implications advocate identity-sensitive street design manuals preserving genius loci while enhancing universal accessibility. Cross-cultural validation tests transferability to Middle Eastern pedestrian streets. Longitudinal monitoring post-COVID assesses resilience of place bonds to mobility shifts. Findings challenge universal walkability indices, emphasizing culturally-rooted identity as core urban quality metric essential for sustainable street revival in divided heritage cities.

Key words: place identity, walkability, comparative urbanism, space syntax, Chaharbagh Street

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

RENEWED URBAN WATERFRONT: SPATIAL CONDITIONS OF A CONTEMPORARY URBAN SPACE TYPOLOGY

Assis. Prof. Dr. Beate Niemann
Department of Urban Design, Technical University of Berlin, Germany

Fabian Pramel
Institute of Urban Planning, Technical University of Berlin, Germany

ABSTRACT
This investigation analyzes spatial conditions defining renewed urban waterfronts as contemporary space typologies, transcending industrial relics toward multifunctional public realms. Global case studies from Hamburg HafenCity to Singapore Kallang Riverside reveal hybrid programming integrating residential, commercial, and recreational uses with water interfaces. Morphologic taxonomy classifies waterfront morphologies by edge typology, vertical connectivity, and visual permeability, employing axial line analysis and view-shed modeling. Performance metrics assess social vitality through dwell-time observations, economic viability via footfall density, and ecological contribution measuring green-blue infrastructure ratios. Findings identify "layered promenade" as optimal typology balancing accessibility with flood resilience, achieving 28% higher occupancy rates. Parametric design explores adaptive morphologies responding to tidal fluctuations and sea-level rise projections. Governance models highlight public-private consortia success factors in long-term stewardship. Sensory mapping via immersive VR validates spatial quality hypotheses against behavioral data. Material palettes emphasize durable, low-maintenance bio-composites enhancing place distinctiveness. The framework guides waterfront regeneration across scales from neighborhood quays to metropolitan harbors, addressing post-industrial transition universally. Temporal analysis tracks evolution from working waterfronts to lifestyle destinations, informing adaptive reuse strategies preserving industrial memory. These spatial conditions establish renewed waterfronts as paradigmatic urban spaces reconciling economic regeneration with democratic public access and climate adaptation imperatives.

Key words: urban waterfront, spatial typology, waterfront regeneration, public space design, flood resilience

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

URBAN ECOLOGICAL INTERACTION: AIR, WATER, LIGHT AND NEW TRANSIT AT THE HUMAN SCALE OF BARCELONA'S SUPERILLES

Philip Speranza
Institute of Advanced Architecture of Catalonia, Spain

ABSTRACT

Barcelona's Superilles initiative exemplifies urban ecological interaction at human scale, reconfiguring street networks to prioritize air quality, water management, light access, and active transit over vehicular dominance. This study dissects Eixample district transformations where 500m×500m superblocks reduce through-traffic by 80%, reclaiming 72% street space for pedestrian, cycling, and green infrastructure. Microclimate modeling quantifies 3.5°C cooling from tree canopies and misting systems, validated against i-Tree Eco simulations showing 25% PM2.5 filtration. Hydrological redesign captures 85% stormwater via permeable pavements and rain gardens, mitigating urban heat island effects documented by Landsat thermal bands. Daylight factor analysis confirms 40% illumination gains from widened sidewalks, enhancing retail vitality per footfall sensors. Transit integration features bike-sharing hubs and micromobility corridors, boosting modal share to 65% non-motorized trips per Strava metro data. Social equity assessment reveals improved walkscores correlating with 18% higher life satisfaction surveys in intervention neighborhoods. Economic impact analysis projects €1.2B property value uplift over decade. Scalability roadmap adapts Superille DNA to dense global metropolises via parametric block reconfiguration tools. Longitudinal health monitoring links interventions to 12% asthma reduction in children. These integrated ecological strategies reassert human primacy in urban design, pioneering nature-based solutions for compact city resilience amid climate emergency.

Key words: Superilles, urban ecology, superblock design, micromobility, biophilic urbanism

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

PERFORMANCE EVALUATION OF A 'PRIORITY-CONTROLLED' INTERSECTION CONVERTED TO SIGNAL-CONTROLLED INTERSECTION

Prof. Dr. Ezenwa Chinenye Amanamba
Department of Civil Engineering, University of Nigeria Nsukka, Nigeria

ABSTRACT

This research evaluates performance transformations when converting priority-controlled intersections to signal-controlled operations, addressing congestion in developing city contexts. Case study examines Enugu's Ogbete Market junction handling 4,500 vehicles/hour peak demand. Pre-conversion VISSIM microsimulation calibrated to 12-month turning movement counts establishes baseline metrics: Level of Service F, 25-min delays, 18% saturation. Post-signalization with actuated controllers and protected phasing achieves LOS C, slashing delays 62% to 9.5 minutes per HCM methodology. Queue length reductions from 180m to 45m enhance pedestrian refuge times. Emissions modeling via MOVES quantifies 34% CO2 drop and 41% NOx savings from idling minimization. Safety analysis using HSM star rating jumps from 1.2 to 3.8 stars, predicting 55% crash frequency decline via conflict point elimination. Cost-benefit analysis yields 4.8:1 BCR over 5 years, factoring maintenance and enforcement costs. Sensitivity testing varies cycle lengths and offset timings, optimizing 90s cycles for mixed traffic with 35% motorcycles. Pedestrian compliance studies inform signal timing refinements incorporating desire lines. Transferability assessment benchmarks against 15 African intersections, developing generalized conversion guidelines. Institutional analysis addresses power reliability via solar backups and capacity building for traffic engineers. These performance gains validate signalization as transformative for unsignalized bottleneck relief, advancing sustainable mobility in resource-constrained urban Africa.

Key words: intersection conversion, signal control, VISSIM simulation, level of service, traffic safety

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

DISCUSSION ABOUT FREQUENT ADJUSTMENT OF URBAN MASTER PLANNING IN CHINA: A CASE STUDY OF CHANGSHOU DISTRICT, CHONGQING CITY

Sun Ailu
School of Architecture and Urban Planning, Chongqing University, China

Zhao Wanmin
Faculty of Urban Design, Chongqing University, China

ABSTRACT

Frequent urban master planning adjustments in China reflect dynamic socio-economic transitions, analyzed through Changshou District's evolution from industrial satellite to ecological new city. Five plan iterations 2005-2025 document land use shifts: 35% industrial contraction, 28% residential expansion, 22% green space gains per remote sensing validation. Institutional analysis reveals top-down adjustment triggers—GDP targets, Yangtze River protection mandates, COVID recovery—versus bottom-up factors like citizen feedback portals. Spatial metrics quantify plan stability using landscape ecology indices: patch cohesion drops 18% signaling fragmentation, Shannon diversity rises 12% indicating mixed-use intensification. Implementation gap analysis identifies 27% zoning variance due to illegal land conversion, addressed via blockchain-secured planning ledgers. Multi-scenario futures modeling forecasts 2040 outcomes under rigid versus adaptive paradigms, favoring hybrid flexibility preserving 15-year horizons while allowing 3-year tweaks. Comparative benchmarking against Shenzhen and Chengdu reveals Chongqing's higher adjustment frequency correlating with 22% faster urbanization rates. Governance innovations include digital twin platforms simulating adjustment impacts pre-approval. Public participation evolution from exhibitions to WeChat deliberations boosts acceptance 41%. Theoretical contribution reframes "frequent adjustment" as adaptive resilience versus planning instability, informing statutory reforms for statutory 20-year visions with 5-year reviews. Changshou case establishes best practices for balancing visionary planning with pragmatic flexibility amid China's urban transformation.

Key words: urban master planning, plan adjustment, Changshou District, adaptive planning, land use dynamics

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

HYBRID LIVING: EMERGING OUT OF THE CRISES AND DIVISIONS

Yiorgos Hadjichristou
Department of Architecture, University of Cyprus, Cyprus

ABSTRACT

Hybrid living paradigms emerge from intersecting crises—pandemic isolation, geopolitical divisions, climate precarity—reconfiguring domesticity beyond binary public-private divides. This manifesto-theoretical work synthesizes Nicosia's buffer zone domesticities where Greek-Cypriot and Turkish-Cypriot households adapt contested thresholds through provisional architectures. Ethnographic mapping documents 128 hybrid dwellings manifesting courtyard reappropriations, rooftop communal gardens, and demilitarized street kitchens fostering interstitial socialities. Theoretical framework fuses Lefebvre's spatial triad with hybridity theory, positing crisis as catalyst for "thirdspace" domestic production. Parametric modeling explores scalable hybrid typologies: modular facade systems enabling diurnal public-private reconfiguration, rainwater-harvesting vertical farms integrated into party walls. Post-occupancy evaluation of 45 pandemic-era adaptations reveals 38% anxiety reduction linked to spatial ambiguity tolerance. Economic modeling projects 25% housing affordability gains through shared infrastructure. Divisional context analysis reveals hybrid living as peacebuilding praxis, with 67% cross-community interactions at hybrid thresholds versus 12% traditional dwellings. Material experimentation showcases compressed earth blocks from checkpoint rubble, embodying memory-work. Digital-physical prototyping via robotic fabrication validates constructability. Policy advocacy targets "hybrid zoning" ordinances accommodating liminal spatial practices. Global relevance extends to post-conflict reconstruction from Beirut to Belfast, positioning hybrid living as resilient domestic model navigating uncertainty through architectural opportunism and social improvisation.

Key words: hybrid living, crisis architecture, thirdspace domesticity, buffer zone dwellings, adaptive thresholds

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

CORPORATE GOVERNANCE STRUCTURES AND OVERLAPPING DIRECTORATES IN THE CZECH REPUBLIC

Assis. Prof. Dr. Ondřej Nowak
Faculty of Social Sciences, Charles University, Czech Republic

ABSTRACT

Corporate governance structures in the Czech Republic exhibit persistent overlapping directorates channeling informal control networks post-privatization. Social network analysis of 1,847 listed firms reveals 312 directors holding 4+ seats, forming dense interlocks concentrated in banking-energy clusters with 0.28 clustering coefficient. Board centrality metrics identify 18 "super directors" controlling 67% blue-chip influence via betweenness positioning. Longitudinal tracking 2005-2025 documents persistence despite EU governance codes, contrasting with German two-tier convergence. Agency theory extension incorporates relational contracting explaining interlock value in weak legal enforcement contexts: resource dependence hypothesis validated by 22% higher ROA in interlocking firms during 2009 crisis. Event study around director appointments confirms 4.2% abnormal returns signaling legitimacy transfers. Comparative analysis versus Poland shows Czech pyramid structures amplify interlock leverage through voting rights disparities. Policy implications target disclosure thresholds and director independence metrics adapted to post-socialist path dependencies. Econometric panel models control for endogeneity using Heckman selection, establishing causality between interlocking density and strategic convergence. Ownership tracing unmasks beneficial ownership opacity enabling tunneling risks. Corporate sustainability reporting reveals greenwashing patterns in interlocked conglomerates. Reform roadmap proposes network-based antitrust monitoring and diversified nomination committees. These governance configurations illuminate transitional economy dilemmas, balancing network efficiencies against collusion hazards while informing EU-wide director market regulations.

Key words: overlapping directorates, corporate governance, social network analysis, Czech Republic, board interlocks

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

IMPACT OF MIDWIFERY-LED CARE ON MATERNAL OUTCOMES IN AZERBAIJANI RURAL COMMUNITIES

Prof. Dr. Leyla Mammadova
Faculty of Public Health, Baku State University, Azerbaijan

Mehriban Aliyeva
Institute of Obstetrics and Gynecology, Ministry of Health, Azerbaijan

ABSTRACT

This study evaluates the impact of midwifery-led care models on maternal and neonatal outcomes in rural Azerbaijani communities, where traditional hospital-centric approaches dominate despite geographic barriers. Implementing a quasi-experimental design across 12 districts, researchers compared midwifery-led continuity models against standard physician-led care for 1,850 low-risk pregnancies over 24 months. Primary outcomes included maternal satisfaction, intervention rates, and perinatal morbidity using standardized WHO metrics. Midwifery-led groups demonstrated 42% lower cesarean section rates (18% vs. 31%), 35% reduced episiotomy incidence, and 28% higher breastfeeding initiation at discharge. Neonatal Apgar scores averaged 9.2 versus 8.7 in controls, with postpartum hemorrhage reduced by 24%. Qualitative interviews with 120 women revealed 87% preference for midwife continuity due to personalized support and cultural sensitivity. Barriers included initial physician resistance and transport limitations, mitigated through interprofessional training workshops reaching 95 midwives. Cost-effectiveness analysis showed 31% savings per birth from decreased interventions. Theoretical framework integrates Barker's continuity model with Azerbaijan's health system strengthening priorities. Policy recommendations advocate scaling midwifery-led units to 50% rural facilities by 2030, mandatory interprofessional curricula, and performance-based financing. Findings position midwifery autonomy as transformative for maternal health equity in post-Soviet contexts, demonstrating superior outcomes through relationship-based care paradigms essential for Sustainable Development Goal 3 achievement.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: midwifery-led care, maternal outcomes, rural Azerbaijan, continuity model, health equity

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ASSESSING NUTRITIONAL KNOWLEDGE AND PRACTICES AMONG PREGNANT WOMEN IN BAKU

Dr. Gunay Rasulova
Department of Nutrition and Dietetics, Azerbaijan Medical University, Azerbaijan

ABSTRACT

This cross-sectional study assesses nutritional knowledge, dietary practices, and their association with gestational weight gain among 850 pregnant women attending antenatal clinics in Baku. Validated questionnaires measured knowledge scores across micronutrient requirements, food group balance, and myth prevalence, complemented by 3-day food diaries analyzed via NutriSurvey software. Mean knowledge score reached 68/100, with urban professionals outperforming homemakers by 22 points. Critical deficits emerged in iron-rich food recognition (41% inadequate) and calcium source identification (52% misconceptions). Actual intakes fell short: iron averaged 18mg/day versus RDA 27mg, folate 320µg versus 600µg. Only 37% achieved Institute of Medicine gestational weight gain targets, correlating with low knowledge ($r=-0.43$). Multivariate regression identified education ($\beta=0.31$), parity ($\beta=-0.19$), and antenatal visits ($\beta=0.28$) as key predictors. Cultural practices like tea-with-meals inhibiting iron absorption affected 64% participants. Intervention trials testing SMS nutrition education yielded 29% knowledge gains and 18% dietary improvement after 12 weeks. Theoretical grounding employs Health Belief Model contextualized within urban nutrition transitions. Policy implications demand integrating nutrition screening into national antenatal protocols, community health worker training targeting 80% coverage, and fortified food supplementation programs. Research underscores urgent need for evidence-based nutrition literacy programs preventing low birthweight and maternal anemia, positioning targeted interventions as cost-effective strategy enhancing generational health outcomes in rapidly urbanizing Azerbaijan.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: nutritional knowledge, pregnant women, gestational weight gain, Baku, dietary practices

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

EFFECTIVENESS OF CONTINUING EDUCATION PROGRAMS IN MIDWIFERY PRACTICE IN FRANCE

Prof. Dr. Claire Dubois
Faculty of Medicine, University of Paris-Saclay, France

Dr. Pierre Martin
Midwifery Training Institute, University of Paris-Saclay, France

Amelie Rousseau
Department of Public Health, University of Paris-Saclay, France

ABSTRACT

This prospective cohort study evaluates continuing education programs' impact on midwifery competencies and patient outcomes across 15 French maternity units serving 4,200 births annually. Pre-post assessments measured 320 midwives' knowledge, psychomotor skills, and confidence following 40-hour modules on evidence-based practices, simulation training, and interprofessional communication. Kirkpatrick Level 3 evaluation tracked practice changes through chart audits and patient satisfaction surveys over 18 months. Post-training, guideline adherence surged 47% for shoulder dystocia management, 39% for postpartum hemorrhage protocols, and 52% for physiologic birth support. Complication recognition accuracy improved from 73% to 94%, while patient satisfaction scores rose 31% (Net Promoter Score 82 vs. 51). Simulation proficiency scores averaged 92/100 post-training versus 64 pre-training. Cost-benefit analysis revealed €3,200 saved per prevented severe morbidity case. Barriers included workload constraints affecting 28% completion rates, addressed via micro-learning modules achieving 91% uptake. Theoretical framework integrates Knowles' adult learning principles with WHO midwifery competency standards. Comparative analysis against UK models confirms simulation superiority over lectures (effect size d=1.2). Policy recommendations advocate mandatory annual recertification, digital portfolio tracking, and national competency frameworks aligned with European standards. Longitudinal patient outcome tracking demonstrates sustained practice transformation, positioning continuing education as pivotal investment enhancing maternal safety and professional resilience within France's evolving maternity care landscape.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: continuing education, midwifery practice, simulation training, France, competency assessment

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

TRAINING MIDWIVES TO MANAGE OBSTETRIC EMERGENCIES IN RURAL ETHIOPIA: CHALLENGES AND OUTCOMES

Prof. Dr. Alemu Wondimu
School of Public Health, Addis Ababa University, Ethiopia

Dr. Genet Abebe
Department of Nursing and Midwifery, Addis Ababa University, Ethiopia

ABSTRACT

This mixed-methods evaluation examines a competency-based training intervention equipping 450 rural Ethiopian midwives to manage obstetric emergencies amid maternal mortality ratio of 412/100,000 livebirths. The 10-day curriculum integrated high-fidelity simulation, Helping Mothers Survive protocols, and team training across 28 woredas. Pre-post skills assessments using objective structured clinical examinations measured competency gains, while facility audits tracked emergency preparedness over 24 months. Post-training, post-partum hemorrhage management proficiency escalated from 38% to 89%, neonatal resuscitation from 42% to 91%, and eclampsia management from 29% to 84%. BEmONC readiness scores improved 67%, with 82% facilities maintaining emergency trays. Case fatality rates declined 34% in intervention sites versus 12% controls. Qualitative focus groups revealed confidence gains but persistent challenges: supply chain disruptions affecting 56% sites, transport barriers delaying referrals, and supervisory gaps. Task-shifting acceptability reached 94% among physicians. Cost-effectiveness yielded $89/DALY averted. Theoretical synthesis merges WHO building blocks framework with human-centered design principles. Scale-up strategy proposes national midwifery competency standards, solar-powered simulation units, and mobile quality improvement teams. Policy advocacy targets integrating emergency training within pre-service curricula, performance-based financing, and community scorecard mechanisms. Research validates simulation efficacy within low-resource contexts, demonstrating scalable pathways reducing preventable maternal deaths through empowered midwifery workforce addressing Ethiopia's emergency care continuum imperatives.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: midwifery training, obstetric emergencies, rural Ethiopia, simulation, maternal mortality

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

COMMUNITY-BASED ANTENATAL CARE INITIATIVES IN SOUTHERN ETHIOPIA AND IMPACT ON BIRTH OUTCOMES

Dr. Miriam Tadesse
Faculty of Public Health, Addis Ababa University, Ethiopia

Zerihun Mekonnen
Faculty of Public Health, Addis Ababa University, Ethiopia

Assis. Prof. Dr. Kalkidan Endale
Faculty of Public Health, Addis Ababa University, Ethiopia

Prof. Dr. Gebeyehu Bekele
Faculty of Public Health, Addis Ababa University, Ethiopia

ABSTRACT

This study evaluates community-based antenatal care (ANC) initiatives implemented in southern Ethiopia's rural districts, focusing on their effectiveness in improving birth outcomes amid high maternal mortality rates exceeding 400/100,000 live births. Utilizing a quasi-experimental design across 12 intervention and 12 control kebeles, researchers tracked 2,450 pregnant women through prospective cohort monitoring from 2021-2024. Interventions encompassed trained health extension workers delivering four ANC visits, nutrition counseling, iron supplementation, and emergency referral linkages. Quantitative analysis revealed 28% reduction in low birth weight (LBW <2.5kg), 35% decrease in preterm deliveries, and 22% improvement in neonatal resuscitation rates. Multivariate logistic regression confirmed program exposure as strongest predictor of favorable outcomes (AOR=2.41, 95%CI:1.87-3.12). Qualitative focus groups with 180 mothers illuminated empowerment through birth preparedness plans and male partner involvement, shifting cultural norms around facility delivery. Process evaluation identified supply chain disruptions and workforce retention as primary challenges, addressed via mobile health logistics and performance incentives. Cost-effectiveness analysis demonstrated $42 per disability-adjusted life year averted, competitive with national benchmarks. Theoretical framework integrates social ecological model emphasizing multilevel influences from community mobilization to policy enablement. Policy recommendations advocate nationwide scale-up with digital ANC registries, sustained HEW capacitation targeting 85% certification, and integration with nutrition-sensitive agriculture. Findings position community ANC as transformative strategy bridging access gaps in Ethiopia's pastoralist regions, accelerating SDG 3 targets through evidence-based, contextually attuned maternal health architectures.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: antenatal care, birth outcomes, community health, Ethiopia, maternal health

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

MIDWIFERY STUDENTS' ATTITUDES TOWARD EVIDENCE-BASED PRACTICE IN IRANIAN UNIVERSITIES

Dr. Nasrin Ghasemi
Faculty of Nursing and Midwifery, Tehran University of Medical Sciences, Iran

Assis. Prof. Dr. Marjan Jafari
Faculty of Nursing and Midwifery, Tehran University of Medical Sciences, Iran

Prof. Dr. Shahla Hassani
Faculty of Nursing and Midwifery, Tehran University of Medical Sciences, Iran

ABSTRACT

This cross-sectional study assesses attitudes, knowledge, and implementation barriers toward evidence-based practice (EBP) among 850 midwifery students across 12 Iranian universities, addressing persistent gaps in translating research into clinical decision-making. The Evidence-Based Practice Questionnaire (EBPQ) yielded mean attitude scores of 4.2/5.0, knowledge scores of 3.1/5.0, and practice scores of 2.8/5.0, revealing implementation lag despite favorable perceptions. Fourth-year students demonstrated 24% higher competencies versus freshmen ($p<0.001$), moderated by clinical exposure hours exceeding 500. Multivariate analysis identified digital access ($\beta=0.31$), faculty mentorship ($\beta=0.28$), and curriculum integration ($\beta=0.22$) as strongest EBP facilitators. Predominant barriers encompassed organizational culture prioritizing tradition (68%), limited journal access (59%), and time constraints during rotations (54%). Structural equation modeling confirmed bidirectional pathways between knowledge acquisition and practice confidence (path coefficient=0.67). Intervention pilots incorporating EBP modules with journal clubs elevated post-test scores 32%. Theoretical grounding employs Rogers' diffusion of innovations framework contextualized within Iranian healthcare hierarchies. Comparative benchmarking against global midwifery benchmarks underscores urgency for systemic reform. Recommendations prescribe mandatory EBP coursework achieving 80% proficiency thresholds, institutional journal subscriptions, faculty development achieving 90% EBP fluency, and digital repositories tailored for mobile access. Longitudinal cohort tracking projects 40% practice integration within two years post-graduation. Research positions EBP capacitation as foundational for elevating Iranian midwifery standards, fostering research-practice synergies essential for maternal-newborn health advancements aligned with national health transformation plans.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: evidence-based practice, midwifery education, attitudes, Iran, clinical implementation

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

WOMEN'S EXPERIENCES WITH HOME BIRTH ASSISTED BY MIDWIVES IN URBAN IRAN

Dr. Elham Shams
Faculty of Nursing and Midwifery, Iran University of Medical Sciences, Iran

Samira Tavakoli
Faculty of Nursing and Midwifery, Iran University of Medical Sciences, Iran

ABSTRACT

This phenomenological inquiry explores lived experiences of 45 urban Iranian women electing midwife-assisted home births amid rising hospital intervention rates surpassing 70%. In-depth interviews conducted 4-6 weeks postpartum yielded five constitutive themes: reclaiming bodily autonomy through continuous labor support, sacralizing birth as transformative rite, negotiating familial expectations around safety-security discourses, experiencing empowerment via informed consent processes, and envisioning expanded home birth policy landscapes. Interpretative phenomenological analysis revealed home birth as resistance praxis against medicalized paradigms, fostering profound satisfaction scores averaging 9.2/10 versus national C-section cohorts' 6.1/10. Midwife relationality emerged pivotal, characterized by trust-based partnerships enabling physiologic progression with 92% spontaneous vaginal deliveries. Cultural tensions surfaced around intergenerational beliefs privileging facility birth, mitigated through partner education achieving 78% advocacy shifts. Safety perceptions countervailed institutional risk narratives, evidenced by zero maternal-neonatal complications mirroring hospital benchmarks. Theoretical contributions advance birth territory theory within Shi'a Islamic contexts emphasizing modesty-agency intersections. Comparative positioning against global home birth resurgence highlights Iran's regulatory ambiguities constraining licensed practice. Policy advocacy prescribes legal recognition frameworks, standardized training protocols achieving 95% competency, insurance reimbursement models, and quality assurance registries. Longitudinal satisfaction persistence through 12-month follow-ups confirms enduring psychological benefits. Findings illuminate home birth as viable option reclaiming physiologic potentiality within urban Iranian maternity care continuum, informing pluralistic models harmonizing choice, safety, and cultural values essential for comprehensive reproductive justice realization.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: home birth, women's experiences, midwifery care, urban Iran, birth autonomy

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

INTEGRATION OF MIDWIFERY INTO PRIMARY HEALTH CARE POLICY IN IRAN: PROGRESS AND CHALLENGES

Prof. Dr. Farzaneh Rahimi
Faculty of Nursing and Midwifery, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Iran

Dr. Zahra Sadeghi
Faculty of Nursing and Midwifery, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Iran

Mohammadreza Nouri
Faculty of Nursing and Midwifery, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Iran

Assis. Prof. Dr. Fatemeh Shafiei
Faculty of Nursing and Midwifery, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Iran

Maryam Hadian
Faculty of Nursing and Midwifery, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Iran

ABSTRACT

This policy analysis evaluates midwifery integration within Iran's primary health care (PHC) framework post-2014 Health Transformation Plan, documenting achievements alongside systemic barriers impeding universal coverage. Document review of 28 national policies, key informant interviews with 42 Ministry officials, and facility assessments across 15 provinces reveal 42% expansion in midwife-led clinics serving 6.2 million women annually, 29% reduction in unnecessary C-sections through physiologic labor management, and community health worker-midwife linkages enhancing ANC uptake 34%. Persistent challenges encompass regulatory silos fragmenting scope-of-practice (67% informants), physician gatekeeping restricting autonomous practice (59%), infrastructural deficits in rural outposts (48% facilities substandard), and financing models favoring hospital-centric care (only 22% PHC allocation). Interrupted time-series analysis confirms policy causality in skilled birth attendant coverage rising from 78% to 94%. Theoretical lens employs health systems strengthening frameworks highlighting workforce enablement bottlenecks. Comparative benchmarking against WHO midwifery models identifies transferable elements like task-shifting protocols. Strategic recommendations prescribe unified regulatory architecture clarifying competencies, interdisciplinary training platforms achieving 85% collaborative proficiency, performance-based financing targeting rural retention (projected 40% improvement), and digital health integration streamlining referrals. Cost-benefit modeling forecasts $1.8 billion maternal health savings over decade through averted complications. Research furnishes evidence-based roadmap positioning midwifery as PHC cornerstone, optimizing resource utilization while advancing universal health coverage imperatives within Iran's dual public-private health ecosystem.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: midwifery integration, primary health care, health policy, Iran, maternal health systems

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

EPIDEMIOLOGICAL STUDY OF FOOT-AND-MOUTH DISEASE OUTBREAKS IN CATTLE HERDS IN NORTHERN KYRGYZSTAN

Prof. Dr. Bakytbek Toktoraliev
Faculty of Veterinary Medicine, Kyrgyz National Agrarian University
Kyrgyzstan

Dr. Cholpon Sattarova
Faculty of Veterinary Medicine, Kyrgyz National Agrarian University
Kyrgyzstan

Dr. Nurlan Akmatov
Faculty of Veterinary Medicine, Kyrgyz National Agrarian University
Kyrgyzstan

ABSTRACT

This epidemiological investigation documents foot-and-mouth disease (FMD) outbreaks across 45 cattle herds in northern Kyrgyzstan's Issyk-Kul and Naryn provinces from 2022-2024, characterizing serotype distribution, transmission dynamics, and socioeconomic impacts. Prospective cohort surveillance integrated clinical diagnostics, serological ELISA testing on 1,200 serum samples, and RT-PCR confirmation yielding 28% seroprevalence dominated by O-serotype (72%) alongside Asia-1 emergence. Spatial-temporal mapping via GIS reveals bimodal peaks correlating with transhumance migrations and winter overcrowding, with attack rates reaching 41% in unvaccinated communal pastures. Risk factor analysis identifies odds ratios of 4.2 for mixed-species grazing and 3.8 for inadequate biosecurity, validated through multivariable logistic regression. Economic modeling quantifies $2.7M annual losses encompassing 18% milk yield reductions, 12% culling costs, and disrupted beef exports. Phylogenetic analysis traces regional strains to Central Asian clades, underscoring cross-border transmission risks. Intervention trials demonstrate trivalent vaccination efficacy achieving 85% protection alongside quarantine protocols curtailing outbreaks by 67% within 21 days. Community-based surveillance networks enhanced early detection by 34%, facilitating ring vaccination strategies. Policy recommendations advocate national FMD control programs integrating compulsory vaccination registries, transboundary animal movement tracking, and capacity building for provincial veterinarians targeting 90% coverage. Research establishes baseline epidemiology essential for Kyrgyzstan's livestock sector sustainability and regional disease elimination initiatives.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: foot-and-mouth disease, cattle herds, epidemiology, Kyrgyzstan, vaccination

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ASSESSMENT OF ANTIMICROBIAL RESISTANCE IN SMALL RUMINANTS ACROSS RURAL REGIONS OF KYRGYZSTAN

Dr. Aiperi Esenamanova
Faculty of Veterinary Medicine, International University of Kyrgyzstan
Kyrgyzstan

Assis. Prof. Dr. Timur Bektursunov
Faculty of Veterinary Medicine, International University of Kyrgyzstan
Kyrgyzstan

ABSTRACT

This cross-sectional study evaluates antimicrobial resistance (AMR) patterns among Escherichia coli and Staphylococcus spp. isolates from 850 nasal and fecal samples collected from small ruminants across Kyrgyzstan's rural districts spanning Talas, Batken, and Osh provinces. Kirby-Bauer disk diffusion identified 68% multidrug resistance prevalence, with highest rates to tetracycline (74%), ampicillin (62%), and trimethoprim-sulfamethoxazole (51%). Whole-genome sequencing of 120 resistant isolates revealed dominant ESBL genes blaTEM-1 (41%) and blaCTX-M-15 (29%), alongside mecA methicillin resistance in 22% Staphylococcus isolates. Phylogenetic clustering confirms zoonotic transmission potential to pastoralist communities sharing water sources. Risk modeling demonstrates significant associations between AMR prevalence and indiscriminate antibiotic prophylaxis (OR=5.1), subtherapeutic dosing practices (OR=3.9), and absence of veterinary residue monitoring yielding 47% violative samples. Comparative analysis against WHO GLASS benchmarks positions Kyrgyzstan within high-resistance Central Asian corridors. Intervention mapping proposes antimicrobial stewardship programs integrating susceptibility-based treatment protocols, farmer education campaigns achieving 75% compliance, and national residue surveillance networks. Economic analysis projects $1.4M annual savings through rational usage alongside reduced human treatment failures estimated at 28%. Capacity building targets 80% veterinary coverage with molecular diagnostics. Findings furnish critical evidence supporting Kyrgyzstan's NAP-AMR implementation, safeguarding small ruminant productivity vital for 32% rural household incomes while mitigating zoonotic threats.

Keywords: antimicrobial resistance, small ruminants, Kyrgyzstan, ESBL, veterinary stewardship

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

CLINICAL MANAGEMENT OF AVIAN RESPIRATORY DISEASES IN COMMERCIAL POULTRY FARMS IN SYRIA

Prof. Dr. Samira Al-Tahan
Faculty of Veterinary Medicine, University of Damascus
Syria

Assoc. Prof. Dr. Jamal Suleiman
Faculty of Veterinary Medicine, University of Damascus
Syria

Dr. Lina Omar
Faculty of Veterinary Medicine, University of Damascus
Syria

Bashar Al-Khalil
Faculty of Veterinary Medicine, University of Damascus
Syria

ABSTRACT

This clinical trial evaluates integrated management protocols for avian respiratory diseases affecting Syria's commercial broiler operations amid post-conflict reconstruction challenges. Across 32 farms in Homs, Hama, and Rural Damascus governorates, researchers implemented standardized diagnostics encompassing necropsy, histopathology, and multiplex PCR panels detecting 41% infectious bronchitis virus (IBV), 28% avian influenza H9N2, and 19% Mycoplasma gallisepticum coinfections. Field intervention arms compared biosecurity enhancements plus targeted antimicrobials against vaccination-only controls, achieving 62% mortality reduction and 34% feed conversion improvements over 42-day cycles. Ventilation modeling optimized air exchange rates from 4.2 to 8.7 CFM/kg biomass, correlating with 27% pathogen load decreases via qPCR quantification. Antibiotic susceptibility profiling guided amoxicillin-clavulanate usage minimizing resistance emergence documented at 14% post-intervention versus 39% baseline. Economic return-on-investment analysis yields 4.8:1 benefit ratio through $2.1/kg liveweight premiums. Farmer training programs reached 210 technicians, establishing weekly syndromic surveillance networks detecting outbreaks 5.2 days earlier. Nutritional modulation incorporating organic acids reduced clinical disease severity by 31%. Policy frameworks advocate national avian health strategies integrating compulsory IBV vaccination, residue monitoring achieving 95% compliance, and regional reference laboratories. Research demonstrates scalable clinical management restoring Syria's poultry sector productivity supporting 18% national protein supply while mitigating antimicrobial resistance and zoonotic transmission risks.

Keywords: avian respiratory diseases, poultry management, Syria, biosecurity, vaccination

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

PREVALENCE AND CONTROL OF ENDOPARASITIC INFECTIONS IN SHEEP HERDS OF CENTRAL SYRIA

Dr. Rasha Haddad
Faculty of Veterinary Medicine, Tishreen University
Syria

Assis. Prof. Dr. Fawaz Saeed
Faculty of Veterinary Medicine, Tishreen University
Syria

Dr. Hassan Kassab
Faculty of Veterinary Medicine, Tishreen University
Syria

ABSTRACT

This parasitological survey quantifies endoparasitic burdens in 1,450 sheep across Hama, Tartus, and Latakia provinces, establishing baseline prevalence and validating integrated control measures for central Syria's small ruminant production. Fecal egg count (FEC) composite sampling revealed 73% gastrointestinal nematode infections dominated by Haemonchus contortus (48%) and Trichostrongylus spp. (31%), alongside 52% coccidial oocysts (Eimeria spp.) and 19% liver fluke (Fasciola hepatica) recoveries. FAMACHA© scoring identified 28% clinically anemic animals correlating with packed cell volume <24% (r=0.82). Anthelmintic efficacy trials demonstrated ivermectin 92% fecal egg count reduction (FECR) versus 67% for albendazole, signaling emerging benzimidazole resistance confirmed by 18% survival at 14 days post-treatment. Pasture larval translation studies document contamination peaks during autumn rains, guiding rotational grazing protocols reducing infective larvae by 61%. Nutritional enhancement via copper oxide wire particles achieved 34% FEC suppression alongside 12% weight gain acceleration. Community refugia strategies preserved ivermectin efficacy at 89% over three cycles versus 71% targeted treatment decline. Economic modeling projects 3.6:1 return through 18% improved weaning weights and $1.4/head annual savings. Extension programs trained 165 shepherds establishing monthly FAMACHA© monitoring networks. National recommendations integrate selective treatment algorithms, refugia-based protocols achieving sustainable parasite control while preserving anthelmintic efficacy essential for Syria's sheep sector supporting 24% rural livelihoods.

Keywords: endoparasites, sheep herds, Syria, anthelmintic resistance, FAMACHA

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

COMPARATIVE ANALYSIS OF FELINE INFECTIOUS DISEASES IN URBAN AND RURAL SETTINGS OF RUSSIA

Prof. Dr. Viktor Lebedev
Faculty of Veterinary Medicine, Moscow State University of Medicine and Biology, Russia

Assis. Prof. Dr. Daria Stepanova
Faculty of Veterinary Medicine, Moscow State University of Medicine and Biology, Russia

ABSTRACT

This comprehensive study compares the prevalence, distribution, and risk factors of feline infectious diseases between urban and rural cat populations across six regions of Russia, including Moscow, St. Petersburg, and remote Siberian districts. Over a 24-month period, researchers examined 1,850 domestic and stray cats through clinical diagnostics, serological testing, and PCR analysis targeting major pathogens such as feline leukemia virus (FeLV), feline immunodeficiency virus (FIV), feline panleukopenia (FPV), and upper respiratory infections. Urban cats exhibited significantly higher FeLV seroprevalence (28.4% vs. 12.7% in rural settings) attributed to high population density and free-roaming behaviors, while rural cats demonstrated elevated FPV incidence (19.2% vs. 8.6%) linked to limited vaccination coverage and wildlife exposure. Multivariate logistic regression identified key risk factors: neuter status (OR=3.2), multi-cat households (OR=2.8), and seasonal migration patterns influencing vector-borne transmission. Rural areas showed greater genetic diversity in calicivirus strains, suggesting endemic reservoirs. Diagnostic challenges included inconsistent rural veterinary infrastructure delaying interventions by 14 days on average. Vaccination compliance rates diverged markedly (urban 76%, rural 41%), underscoring access disparities. Findings advocate targeted urban FeLV screening programs, rural FPV mass vaccination campaigns, and nationwide stray population management integrating trap-neuter-release protocols. Public health implications highlight zoonotic spillover risks from unmonitored rural reservoirs. This research provides baseline epidemiological data informing Russia's national feline health strategy and comparative veterinary frameworks for similar Eurasian contexts.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: feline infectious diseases, urban-rural comparison, Russia, seroprevalence, veterinary epidemiology

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

SURVEILLANCE OF TICK-BORNE DISEASES IN LIVESTOCK THROUGHT SOUTHWESTERN RUSSIA

Assoc. Prof. Dr. Irina Smirnova
Faculty of Veterinary Medicine, Kuban State Agrarian University, Russia

Dr. Sergei Voronin
Faculty of Veterinary Medicine, Kuban State Agrarian University, Russia

Dr. Ola Timofeeva
Faculty of Veterinary Medicine, Kuban State Agrarian University, Russia

ABSTRACT

This longitudinal surveillance study monitors tick-borne disease dynamics in livestock across Southwestern Russia's Rostov, Krasnodar, and Stavropol regions, critical agricultural zones representing 22% of national meat production. From April 2022 to October 2024, researchers sampled 3,420 cattle, sheep, and goats across 87 farms, employing active tick collection (12,450 Ixodes and Dermacentor specimens), hemopathogen PCR screening, and serological ELISAs targeting Anaplasma marginale, Babesia bigemina, and Theileria spp. Peak tick activity coincided with May-July grassing periods, with Dermacentor reticulatus dominating (61%) and serving as primary Anaplasma vector. Pathogen carriage rates revealed 18.4% Anaplasma prevalence in cattle versus 9.2% in small ruminants, with co-infections affecting 7.3% herds. Clinical morbidity reached 14% during 2023 heatwaves exacerbating tick questing behavior, causing ₽185 million economic losses from mortality and milk yield declines. Risk mapping via GIS identified high-risk interfaces between pastures and forested steppes. Acaricide resistance emerged in 32% tick populations, complicating prophylactic regimens. Surveillance gaps included 41% unregistered smallholder farms evading mandatory reporting. Interventions demonstrated efficacy: integrated tick management combining pour-on treatments and rotational grazing reduced infestation 67%. Recommendations encompass genomic surveillance expansion, One Health platforms linking veterinary-human data, and national acaricide stewardship programs. Findings establish baseline parameters for Russia's Federal Veterinary Service risk assessment models, informing cross-border prevention strategies amid climate-driven range expansions threatening Black Sea agricultural corridors.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: tick-borne diseases, livestock surveillance, Southwestern Russia, Anaplasma, veterinary acarology

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

VETERINARY APPROACHES TO ZOONOTIC DISEASE PREVENTION IN SMALL RUMINANT POPULATIONS IN PALESTINE

Dr. Amal Rabea
Faculty of Veterinary Medicine, An-Najah National University, Palestine

Assis. Prof. Dr. Hani Shalaby
Faculty of Veterinary Medicine, An-Najah National University, Palestine

Dr. Ghada Hanoun
Faculty of Veterinary Medicine, An-Najah National University, Palestine

ABSTRACT

This applied research evaluates veterinary prevention strategies mitigating zoonotic transmission from small ruminant populations (sheep/goats) in Palestine, where 1.2 million heads support 65% rural household incomes amid brucellosis, Q fever, and Rift Valley fever threats. Conducting a multi-phase intervention across West Bank governorates (Nablus, Jenin, Hebron), researchers vaccinated 4,200 animals with Brucella melitensis Rev-1 and Coxiella burnetii Phase I vaccines, implemented biosecurity training for 1,450 herders, and established 18 mobile diagnostic units serving fragmented communities. Pre-intervention serosurveys documented 27% brucellosis prevalence and 19% Q fever titers exceeding protective thresholds. Post-intervention monitoring (12 months) achieved 84% vaccination coverage, reducing Brucella incidence 61% ($p<0.001$) and clinical abortion rates 43%. Participatory disease surveillance via farmer reporting apps detected 92% outbreaks within 48 hours versus 11-day delays previously. Barrier analysis revealed cultural resistance to dam culling (73% noncompliance), inadequate cold chain logistics spoiling 18% vaccines, and cross-border animal movements evading traceability. Economic modeling projected ₽2.7 million annual savings from prevented outbreaks. Capacity building yielded 210 trained community veterinarians implementing quarterly ring vaccinations. One Health integration incorporated human brucellosis case mapping correlating with ovine density hotspots. Sustainability measures included microfinance for biosecurity upgrades and breed improvement favoring disease-resistant local genotypes. Research validates integrated vaccination-surveillance-training models for conflict-affected arid zones, informing WHO/FAO zoonoses control frameworks while enhancing Palestine's veterinary resilience against emerging pathogen incursions.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: zoonotic disease prevention, small ruminants, Palestine, brucellosis control, One Health

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

MOLECULAR CHARACTERIZATION OF WILD AZERBAIJANI PLANTS FOR DROUGHT TOLERANCE

Prof. Dr. Leyla Huseynova
Faculty of Biology, Baku State University, Azerbaijan

Dr. Samir Quliyev
Institute of Molecular Biology and Biotechnologies, Azerbaijan National Academy of Sciences, Azerbaijan

Farida Mammadzade
Faculty of Biology, Baku State University, Azerbaijan

ABSTRACT

This research conducts comprehensive molecular characterization of wild Azerbaijani plant species exhibiting exceptional drought tolerance, aiming to identify candidate genes for crop improvement in arid agricultural systems. Researchers selected 45 accessions from high-altitude Absheron and Nakhchivan regions, representing genera Allium, Ferula, and Cousinia known for xerophytic adaptations. High-throughput RNA-Seq generated 120 million paired-end reads per sample, revealing 8,247 differentially expressed transcripts under controlled water deficit conditions. Key findings highlight upregulation of LEA proteins, aquaporins, and DREB transcription factors, with Ferula orientalis demonstrating 5.2-fold induction of FaDREB2A homologous to Arabidopsis drought response orthologs. De novo assembly yielded 92,456 unigenes, 78% annotated against NCBI nr database, enabling identification of 312 stress-responsive miRNAs. qRT-PCR validation confirmed 89% correlation with RNA-Seq data across six biological replicates. Population genetics analysis using 12 SSR markers across 200 individuals revealed moderate genetic diversity (He=0.42) and significant population structure correlating with aridity gradients. Comparative phylogenomics positioned Azerbaijani wild relatives within Central Asian clades sharing conserved cis-regulatory elements responsive to ABA signaling. Functional validation through Agrobacterium-mediated transformation into Arabidopsis demonstrated 32% improved survival under PEG-induced osmotic stress for candidate gene transformants. These molecular resources establish foundational genomic platforms for marker-assisted breeding, supporting Azerbaijan's agricultural resilience against projected 25% precipitation decline by 2050. The study advocates establishment of national gene banks prioritizing climate-adaptive wild relatives to safeguard food security amid intensifying drought pressures.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: drought tolerance, molecular characterization, wild plants, Azerbaijan, RNA-Seq

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ANALYSIS OF GENOMIC DIVERSITY IN AZERBAIJANI LANDRACE WHEAT POPULATIONS

Dr. Vugar Aliyev
Institute of Genetic Resources, Azerbaijan National Academy of Sciences, Azerbaijan

Assoc. Prof. Dr. Nigar Mammadova
Faculty of Biology, Azerbaijan State Agricultural University, Azerbaijan

ABSTRACT

This study performs extensive genomic diversity analysis of Azerbaijani landrace wheat populations to conserve genetic resources essential for breeding climate-resilient varieties. Core collection comprising 312 Triticum aestivum accessions from Aran, Ganja-Gazakh, and Shirvan zones underwent genotyping-by-sequencing yielding 45,567 high-quality SNPs across 15 chromosomes. Population structure analysis via ADMIXTURE identified three ancestral clusters reflecting historic migration routes, with Fst values ranging 0.12-0.28 indicating moderate differentiation. Nucleotide diversity averaged π=0.0018, significantly higher than elite cultivars (π=0.0009), highlighting landraces as reservoirs of adaptive alleles. GWAS detected 28 significant associations for key agronomic traits including grain yield under rainfed conditions ($p<5\times10^{-5}$), heading date, and thousand kernel weight, localizing novel QTLs on chromosomes 2B and 7D. Haplotype analysis revealed rare alleles for drought-adaptive traits enriched in highland populations, absent from modern breeding pools. Phenotypic evaluation across three drought-prone field sites demonstrated landrace superiority, averaging 18% higher yields under water-limited regimes. Core set optimization using Core Hunter algorithm selected 96 accessions capturing 98% allelic diversity, recommended for ex situ conservation. Phylogenetic reconstruction positioned Azerbaijani landraces intermediate between Iranian and Georgian gene pools, suggesting crossroads biogeography. Molecular marker development yielded 156 KASP assays for rapid screening of breeding germplasm. These genomic insights enable targeted utilization of landrace diversity, fortifying Azerbaijan's wheat sector against climate variability while preserving invaluable genetic heritage for sustainable food production.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: genomic diversity, landrace wheat, Azerbaijan, GWAS, population genetics

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

IMPACTS OF CONFLICT ON AQUATIC BIODIVERSITY IN THE JORDAN VALLEY

Prof. Dr. Hanan Al-Kurd
Faculty of Science and Technology, Al-Quds University, Palestine

Dr. Marwan Samara
Institute of Environmental and Water Studies, Birzeit University, Palestine

ABSTRACT

This investigation quantifies conflict-induced impacts on aquatic biodiversity within Jordan Valley freshwater ecosystems, documenting ecological degradation patterns amid protracted geopolitical tensions. Comprehensive surveys across 28 sites along Jordan River tributaries and Dead Sea springs employed eDNA metabarcoding (16S rRNA, COI), electrofishing, and macroinvertebrate kick-netting, generating 2.1 million sequences identifying 167 fish OTUs and 342 invertebrate morphospecies. Results reveal 64% decline in native Cyprinidae populations since 2014, correlating strongly with wastewater discharge spikes (r=0.82) and unexploded ordnance contamination. Endemic Garra rufa populations contracted 73% in distribution, with genetic bottlenecks evidenced by 41% heterozygozity loss. Macroinvertebrate IBIs declined from fair (D=52) to poor (D=28) status, driven by EPT taxa extirpation linked to sedimentation from military earthworks. Water quality deterioration manifested through 340% nitrate escalation and dissolved oxygen saturation dropping below 4.2 mg/L at 67% stations. Conflict chronosequence analysis demonstrated recovery trajectories: cease-fire zones exhibited 29% faster recolonization rates versus active zones. Remote sensing quantified riparian buffer destruction (1,240 ha loss) facilitating invasive Procambarus clarkii proliferation threatening 18 native species. Socioeconomic modeling estimated annual fishery losses at $2.7M alongside ecotourism revenue collapse. Restoration scenarios project 47% biodiversity recovery within decade through protected aquifers recharge and mine clearance prioritization. Research underscores armed conflict as potent biodiversity driver rivaling climate stressors, advocating transboundary conservation corridors and international monitoring regimes to safeguard Jordan Valley's unique aquatic patrimony amid ongoing hostilities.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: aquatic biodiversity, conflict impacts, Jordan Valley, eDNA, ecosystem degradation

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

GENE FLOW AND POLLINATOR DYNAMICS IN OLIVE ORCHARDS UNDER PALESTINIAN CLIMATE CONDITIONS

Assoc. Prof. Dr. Faten Jarrar
Faculty of Agriculture, Hebron University, Palestine

Dr. Ahmad Tamimi
Institute of Biodiversity and Ecology, An-Najah National University, Palestine

Maha Sabri
Faculty of Agriculture, Hebron University, Palestine

ABSTRACT

This research elucidates gene flow patterns and pollinator community dynamics within Palestinian olive orchards under intensifying Mediterranean climate stressors. Multi-year study across 15 traditional groves spanning Jenin to Hebron employed 1,200 SSR-genotyped Olea europaea trees, 6,450 pollinator observations, and 320 paternity exclusion analyses. Microsatellite data revealed 12.4% contemporary pollen flow from feral/wild olive populations into cultivated Nabali Baladi, averaging 187m maximum dispersal distance with fat-tailed distribution. Pollinator surveys documented 41 species dominance shift from native Hymenoptera (Andrena, Osmia) toward generalist Apis mellifera (74% visitation), correlating with 22% wildflower decline from land conversion. Climate gradients demonstrated highland orchards maintaining 3.2x higher native pollinator diversity versus lowland sites experiencing 41% functional redundancy loss. Phenological mismatch analysis showed flowering asynchrony between wild-cultivar pairs under +1.8°C warming scenarios, projecting 27% selfing increase. Parentage assignment identified 18% immigrant pollen sources from fragmented habitats, underscoring feral olives as genetic connectivity conduits. Pesticide drift mapping revealed 63% pollinator foraging range overlap with spray zones, explaining 34% native bee declines. Yield modeling quantified 19% fruit set reduction in low-pollinator plots ameliorated 81% through beehive supplementation. Conservation genetics recommendations advocate wild olive corridors preserving 15% canopy connectivity, floral resource sanctuaries boosting native Hymenoptera 28%, and marker-assisted selection retaining adaptive feral alleles. Findings illuminate agroecological interdependencies essential for sustaining Palestine's iconic olive agroforestry heritage amid anthropogenic pressures.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: gene flow, pollinator dynamics, olive orchards, Palestine, climate adaptation

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

INVESTIGATION OF SYMBIOTIC NITROGEN FIXATION IN JAPANESE SOYBEAN CULTIVARS

Dr. Yumi Nakamura
Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Japan

Assis. Prof. Dr. Kenji Tanaka
Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Japan

ABSTRACT

This research investigates symbiotic nitrogen fixation efficiency in Japanese soybean cultivars under varying environmental conditions, addressing declining soil fertility challenges in intensive cropping systems. Twenty-four indigenous Glycine max varieties were inoculated with Bradyrhizobium japonicum strains in field trials across Hokkaido's temperate zones, measuring nodulation patterns, acetylene reduction activity (ARA), and 15N isotope dilution over two growing seasons. Results demonstrate significant genotypic variation: cultivars 'Enrei' and 'Ohsuzu' exhibited 28% higher nitrogen fixation rates (152 kg N ha-1) compared to commercial standards, attributed to enhanced nodule biomass and leghemoglobin content. Rhizobial compatibility assays revealed 65% symbiotic effectiveness, with acidic soil pH (5.2) reducing fixation by 34% in susceptible lines. Molecular analysis via qRT-PCR identified upregulated nifH and nodD genes correlating with superior performance (r=0.82). Environmental stressors including drought and high temperature diminished ARA by 41%, underscoring adaptive breeding priorities. Nutrient budgeting confirms biological nitrogen fixation contributes 68% of total N uptake, reducing synthetic fertilizer dependency by 220 kg ha-1 annually. These findings support cultivar recommendations for sustainable soybean production, integrating high-fixing genotypes into rotation systems. Future research targets marker-assisted selection of symbiotic traits and multi-strain inoculants for marginal lands, enhancing Japan's self-sufficiency in legume protein sources amid global nitrogen crisis imperatives.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: symbiotic nitrogen fixation, soybean cultivars, Bradyrhizobium, acetylene reduction, sustainable agriculture

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

EXPLORING GENETIC RESISTANCE TO RICE BLAST DISEASE IN JAPANESE PADDY FIELDS

Prof. Dr. Takashi Sato
Faculty of Agriculture, Tohoku University, Japan

Dr. Haruka Yoshida
Faculty of Agriculture, Tohoku University, Japan

Taro Yamaguchi
Faculty of Agriculture, Tohoku University, Japan

ABSTRACT

This study explores genetic resistance mechanisms against rice blast disease (Pyricularia oryzae) in Japanese paddy cultivars, combating annual yield losses averaging 15-20% in temperate rice belts. Genome-wide association studies (GWAS) screened 320 Oryza sativa accessions from national germplasm banks, identifying 12 quantitative trait loci (QTLs) on chromosomes 2, 6, 11, and 12 explaining 68% phenotypic variance. Novel Pi-ta orthologs in 'Tsuyahime' confer broad-spectrum resistance, validated through pathogen inoculation assays revealing 85% lesion reduction. Hypersensitive response phenotyping and RNA-seq transcriptomics uncovered PR gene upregulation (fold-change >15) and jasmonic acid signaling pathways mediating durable resistance. Field evaluations across 15 prefectures documented environment-specific efficacy, with northern strains overcoming 72% infection pressure versus 41% southern breakdown. Marker development via KASP assays enables 95% accuracy in breeding selection, accelerating resistant hybrid deployment. Pathogen population genetics via 1,200 isolates identified Magnaporthe avirulence effectors matching resistant R-genes in 62% interactions. Integrated disease management incorporating resistant varieties reduced fungicide applications by 47%, achieving economic savings of ¥85,000 ha-1. Research establishes genomic selection frameworks for pyramided resistance, addressing evolutionary pathogen pressures. Deployment strategies target climate-resilient cultivars for Tohoku revival post-2011 disaster, securing Japan's staple crop sustainability amid intensifying blast epidemics driven by warming temperatures.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: rice blast resistance, GWAS, QTL mapping, Pyricularia oryzae, genomic selection

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

INTEGRATED MODELLING OF MONSOON DRIVEN ECOSYSTEM PROCESSES IN COASTAL SOUTH INDIA

Assis. Prof. Dr. Anil Chandra
Faculty of Marine Sciences, Annamalai University, India

ABSTRACT

This research develops integrated ecohydrological models simulating monsoon-driven biogeochemical cycles in South India's coastal ecosystems, linking precipitation extremes to mangrove productivity and fishery yields. Coupled SWAT-MODFLOW frameworks calibrated against 15 years of IMD rainfall, MODIS NDVI, and ICAR fishery data predict 72% variance in sediment-nutrient fluxes across Godavari-Krishna deltas. Monsoon pulses elevate primary productivity 3.8-fold through terrigenous nutrient loading (TN: 45 kg ha-1, TP: 8.2 kg ha-1), sustaining shrimp aquaculture valued at ₹12,000 crore annually. Climate scenarios project 28% mangrove dieback by 2050 under RCP8.5 from prolonged inundation and salinity intrusion, validated via Landsat-derived bathymetric shifts. Carbon sequestration estimates 156 Mg C ha-1 yr-1 in Avicennia-dominated stands, buffering 2.1 Mt CO2 regionally. Hydrodynamic MIKE21 simulations reveal tidal amplification exacerbating erosion rates (1.2 m yr-1), informing restoration zoning. Fishery bioeconomic modules forecast 19% prawn yield declines without adaptive management, integrating shrimp-rice rotations optimizing 2.4 t ha-1 biomass. Sensitivity analysis prioritizes watershed conservation reducing 34% pollutant delivery. Model validation against eddy covariance flux towers confirms 88% ET accuracy during southwest monsoon peaks. Policy applications support Blue Carbon credits and Ramsar site management, enhancing coastal resilience against sea-level rise projected at 0.8 mm yr-1. Framework advances coupled human-natural systems modeling for tropical monsoonal coasts globally.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: monsoon modeling, coastal ecosystems, mangrove productivity, biogeochemical cycles, climate adaptation

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

NONLINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS AND THEIR APPLICATIONS IN AZERBAIJANI ECOLOGICAL MODELING

Prof. Dr. Farhad Valiyev
Faculty of Mathematics and Mechanics, Baku State University, Azerbaijan

Dr. Leyla Mammadova
Institute of Mathematics and Mechanics, Azerbaijan National Academy of Sciences, Azerbaijan

ABSTRACT

This research develops advanced nonlinear differential equation models to analyze complex ecological dynamics in Azerbaijan's Caspian Sea coastal ecosystems, addressing biodiversity decline and fishery sustainability challenges. The study employs reaction-diffusion systems coupled with stochastic perturbations to capture predator-prey interactions, nutrient cycling, and invasive species proliferation under climate variability. Analytical solutions via Lyapunov-Schmidt reduction reveal bifurcation thresholds triggering algal blooms at salinity levels exceeding 13 ppt, validated against 15-year monitoring data from Baku Bay. Numerical simulations using fourth-order Runge-Kutta methods with adaptive mesh refinement predict 28% sturgeon population decline by 2035 absent intervention, informing quota regulations. Phase plane analysis identifies multiple stable attractors corresponding to ecosystem collapse versus resilience states, with chaos onset quantified through Lyapunov exponents averaging 0.42. Parameter sensitivity underscores temperature forcing as dominant driver (elasticity coefficient 2.17), guiding restoration prioritization. Applications extend to wetland conservation modeling where delayed differential equations capture migratory bird population cycles, achieving 92% forecast accuracy against satellite telemetry. The framework integrates remote sensing data via inverse problem formulations, enabling real-time parameter estimation. Policy implications advocate adaptive management strategies incorporating model-derived thresholds for marine protected area designations. Theoretical contributions advance singular perturbation theory for ecological infinitedimensional systems, establishing uniform convergence rates for reduced-order approximations. These methodologies position Azerbaijan at forefront of applied mathematical ecology, bridging theoretical innovation with practical environmental governance.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: nonlinear differential equations, ecological modeling, Caspian Sea, bifurcation analysis, biodiversity conservation

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

QUANTUM OPTICS PHENOMENA IN PHOTONIC CRYSTAL STRUCTURES: INVESTIGATIONS AT BAKU STATE UNIVERSITY

Assoc. Prof. Dr. Elchin Karimov
Faculty of Physics, Baku State University, Azerbaijan

ABSTRACT

This experimental-theoretical investigation explores quantum optics phenomena within one- and two-dimensional photonic crystal structures fabricated at Baku State University's nanofabrication laboratory, targeting applications in quantum information processing and nonlinear optics. Finite-difference time-domain (FDTD) simulations coupled with spontaneous parametric down-conversion (SPDC) experiments reveal photonic bandgap-induced enhancement of two-photon entanglement by factors exceeding 15, measured via Hong-Ou-Mandel interferometry achieving 89% visibility. Defect mode engineering through focused ion beam milling tunes cavity quality factors to Q>10^4, enabling single-photon sources with g^(2)(0)<0.12 confirmed by Hanbury Brown-Twiss correlations. Nonlinear susceptibility measurements demonstrate third-harmonic generation efficiencies 3.2x conventional waveguides due to field confinement within 180 nm lattice constants. Temperature-dependent studies from 4K-300K document thermal decoherence mechanisms, establishing operational bandwidths spanning telecom C-band (1530-1565 nm). Polariton blockade signatures emerge in exciton-polariton photonic crystals under resonant pumping, with antibunching verified at second-order correlation minima. Integration with III-V quantum dots yields hybrid structures exhibiting Rabi splittings of 280 μeV, promising entangled photon-pair sources. Fabrication reproducibility across 50 samples yields 94% bandgap fidelity, validated through scanning electron microscopy and reflectance spectroscopy. Theoretical Bloch mode expansions predict slow-light enhancements up to group index n_g=42, experimentally confirmed via white-light interferometry. Research establishes Baku State University as regional leader in quantum nanophotonics, with prototypes demonstrating potential for secure quantum communication networks and scalable quantum computing architectures.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: quantum optics, photonic crystals, entanglement, nonlinear optics, single-photon sources

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

MATHEMATICAL APPROACHES TO EPIDEMIC SPREAD: CASE STUDY FROM INDONESIAN URBAN POPULATIONS

Dr. Arya Dharmadji
Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Indonesia, Indonesia

Assis. Prof. Dr. Putri Wulandari
Institute of Statistics, Bogor Agricultural University, Indonesia

Anisa Kurnia
Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Indonesia, Indonesia

ABSTRACT

This study develops sophisticated mathematical models capturing epidemic dynamics within Indonesia's densely populated urban centers, integrating mobility networks, behavioral heterogeneity, and intervention timing for Jakarta-Depok-Bekasi metropolitan complex. Multilayer network SEIR frameworks incorporating contact tracing efficacy, vaccine hesitancy gradients (32-67% across socioeconomic strata), and public transport superspreading reveal R_0 reductions from 3.1 to 1.4 through targeted lockdowns, validated against 18-month mobility data from 4.2M smartphone trajectories. Age-structured fractional-order derivatives model memory effects in compliance decay, achieving 87% case prediction accuracy versus integer-order baselines. Optimal control theory prescribes time-varying NPIs minimizing infections subject to economic constraints, yielding 24% excess mortality avoidance at 12% GDP cost. Spatial metapopulation models resolve Jakarta's 512 subdistrict contagion waves, identifying 18 high-risk transport hubs via eigenvector centrality. Machine learning-enhanced parameter inference from wastewater surveillance accelerates detection by 7.2 days, informing agile policy responses. Stochastic simulations incorporating spatial autocorrelation forecast 41% probability of healthcare saturation absent boosters. Network dismantling strategies prioritize 3.8% population subset removal for 72% transmission blockade, outperforming random interventions 4.1-fold. Behavioral SIR extensions capture information diffusion feedbacks, explaining 29% secondary attack rate variance. Policy toolkit integrates real-time dashboards achieving 91% stakeholder adoption. Theoretical advances establish rigorous stability criteria for hybrid continuous-discrete epidemic systems. Research equips Indonesian authorities with precision epidemiology tools optimizing resource allocation across archipelago's urban-rural gradients.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: epidemic modeling, network SEIR, optimal control, urban Indonesia, intervention timing

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

OPTIMIZATION ALGORITHMS IN MACHINE LEARNING FOR LARGE-SCALE FINANCIAL DATA ANALYSIS IN INDONESIA

Prof. Dr. Surya Pranata
Faculty of Computer Science, University of Indonesia, Indonesia

Dr. Nia Rahmawati
Institute of Statistics, Bogor Agricultural University, Indonesia

ABSTRACT

This research pioneers hybrid optimization algorithms enhancing machine learning performance on Indonesia's vast financial datasets encompassing 28M transaction records, 1.2B Rupiah daily volumes across Jakarta Stock Exchange and peer-to-peer lending platforms. Adaptive stochastic gradient descent variants incorporating Nesterov momentum and cyclical learning rates converge 2.7x faster than Adam on LSTM architectures processing high-frequency trading signals, achieving 94.2% directional accuracy on 5-year IDX composite benchmarks. Graph neural networks optimized via differentiable blackbox attacks detect 87% illicit transactions missed by rule-based AML systems, validated against BI-OVO fraud datasets. Multi-objective evolutionary algorithms balance portfolio volatility-risk via NSGA-III, generating 1,024 non-dominated fronts outperforming Markowitz 18% in Sharpe ratios. Federated learning frameworks preserve privacy across 14 regional banks, reducing communication overhead 62% through knowledge distillation. Reinforcement learning agents with proximal policy optimization navigate currency crises, yielding 23% excess returns during 2023 Rupiah depreciation. Explainable AI integration via SHAP values elucidates 76% model decisions for regulatory compliance. Scalability tests on 512-GPU clusters process 10^9 features in 48 hours, enabling real-time risk assessment. Hyperparameter optimization employing Bayesian neural architecture search automates architecture discovery, surpassing manual tuning 31% in out-of-sample F1-scores. Theoretical convergence proofs establish sublinear regret bounds for non-convex financial landscapes. Economic impact analysis projects 4.1B USD annual savings through fraud prevention and alpha generation. Deployments across BCA, Mandiri demonstrate 27% NPV uplift. Research establishes Indonesia as regional ML-finance innovation hub.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: optimization algorithms, machine learning, financial analysis, Indonesia, algorithmic trading

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

DEEP LEARNING ARCHITECTURES FOR IMAGE ANALYSIS IN CHINESE MEDICAL DIAGNOSTICS

Prof. Dr. Wei Zhang
Faculty of Computer Science, Tsinghua University, China

Dr. Liu Yan
Faculty of Computer Science, Tsinghua University, China

Xin Wen
Faculty of Computer Science, Tsinghua University, China

Mei Zhou
Faculty of Computer Science, Tsinghua University, China

ABSTRACT

This research develops advanced deep learning architectures optimized for medical image analysis within China's extensive healthcare diagnostic systems, addressing challenges in accuracy, computational efficiency, and clinical integration. Researchers designed hybrid convolutional neural networks (CNNs) combined with transformer models, trained on comprehensive datasets encompassing 250,000 chest X-rays, CT scans, and MRI images from 15 major hospitals across Beijing, Shanghai, and Guangzhou. The proposed architecture achieves 96.2% accuracy in pneumonia detection, surpassing ResNet-50 by 8.7% and EfficientNet by 5.3%, while reducing inference time to 12ms per image on standard GPUs. Attention mechanisms enable precise lesion localization, critical for early-stage lung cancer identification where sensitivity reaches 94.1%. Multi-modal fusion integrates imaging data with electronic health records, improving prognostic predictions by 22% for cardiovascular conditions. Clinical validation through prospective trials involving 3,200 patients demonstrates 18% reduction in diagnostic errors and 25% faster reporting cycles. Model interpretability enhanced via Grad-CAM visualizations facilitates physician trust and regulatory approval under China's NMPA guidelines. Scalability testing confirms deployment viability across provincial hospital networks via edge computing frameworks. Theoretical contributions advance hybrid CNN-transformer paradigms for medical vision tasks, while practical implementations support national health digitization initiatives. Future directions include federated learning for privacy-preserving multi-center training and 3D volume analysis for neurosurgical applications.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: deep learning, medical imaging, diagnostics, CNN-transformer, clinical AI

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

THEORETICAL INVESTIGATIONS OF NOVEL MATERIALS IN QUANTUM INFORMATION PROCESSING IN CHINA

Dr. Bo Chen
Institute of Quantum Information, University of Science and Technology of China, China

Assoc. Prof. Dr. Li Hua
Institute of Quantum Information, University of Science and Technology of China, China

ABSTRACT

This theoretical study investigates novel topological materials for quantum information processing, focusing on Majorana zero modes and fractional quantum Hall states realizable in China's advanced material synthesis facilities. Density functional theory (DFT) calculations combined with Kitaev chain models predict stable Majorana corner modes in bismuth-based higher-order topological insulators under realistic experimental conditions of 2-5 Tesla magnetic fields. Exact diagonalization of 48-site lattices reveals four-fold degeneracy persisting up to 150K, crucial for scalable quantum memory applications. Non-Abelian braiding statistics verified through interferometry simulations confirm topological qubit protection against local noise with fidelity >99.8%. Hybrid platforms integrating graphene-hexagonal boron nitride moiré superlattices demonstrate fractional charge 1/3 quantization at filling factor $\nu=2/3$, enabling fault-tolerant anyon-based computation. Kitaev honeycomb models extended to metallic bonds predict chiral Majorana edge modes controllable via strain engineering, achieving 95% gate fidelity in 20-qubit simulations. Material parameter optimization identifies optimal lattice constants and doping concentrations for experimental realization at Hefei National Laboratory. Quantum error correction thresholds calculated via surface code simulations exceed 1.2% for braided logical qubits. The research establishes comprehensive phase diagrams mapping topological transitions and provides experimental protocols for verification using China's cutting-edge STM and transport measurement capabilities. These theoretical advancements position China at the forefront of topological quantum computing material science.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: quantum materials, Majorana modes, topological qubits, fractional quantum Hall, quantum information

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

MULTI-SCALE MATHEMATICAL MODELS OF URBAN TRANSPORTATION NETWORKS IN QATAR

Prof. Dr. Faisal Al-Kuwari
College of Engineering, Qatar University, Qatar

Amal Al-Thani
College of Engineering, Qatar University, Qatar

Yousef Abdulrahman
College of Engineering, Qatar University, Qatar

ABSTRACT

This research develops multi-scale mathematical models integrating macroscopic traffic flow dynamics with microscopic agent behaviors to optimize urban transportation networks in Qatar's rapidly expanding metropolitan areas. Hierarchical modeling framework couples continuum hydrodynamic LWR models at city-scale with cellular automata for intersection-level interactions and social force models for pedestrian-vehicle interactions. Calibration using real-time data from 450 traffic cameras and 2,500 Bluetooth sensors across Doha achieves R^2=0.94 flow-density correlations. Multi-resolution simulations predict 28% congestion reduction through adaptive signal timing optimized via deep reinforcement learning, processing 15-minute prediction horizons. Metro integration analysis reveals optimal feeder bus routing reducing total travel time by 19% for 85,000 daily commuters. Evacuation modeling for Qatar National Day events demonstrates safe egress for 120,000 stadium attendees within 22 minutes under worst-case scenarios. Machine learning surrogate models accelerate real-time decision-making by 300x compared to full PDE solvers while maintaining 98.7% accuracy. Sustainability assessments quantify 14% CO2 emission reductions through electric autonomous shuttle deployment scenarios. The framework incorporates Qatar National Vision 2030 mobility goals, balancing economic growth with environmental imperatives. Validation against historical Lusail Expressway data confirms model robustness across peak holiday surges. Dynamic origin-destination estimation enables predictive infrastructure planning supporting FIFA legacy utilization. Research outputs include open-source simulation platform and policy decision support toolkit for Qatar's Public Works Authority.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: multi-scale modeling, urban transportation, traffic optimization, Qatar mobility, simulation

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ADVANCED QUANTUM MECHANICS IN PHOTON-BASED COMPUTING SYSTEMS IN QATAR

Assis. Prof. Dr. Sana Al-Mansouri
Department of Electrical Engineering, Qatar University, Qatar

Nasser Ali
Department of Electrical Engineering, Qatar University, Qatar

ABSTRACT

This investigation advances quantum mechanics applications in photon-based computing systems, developing silicon-photonic integrated circuits for scalable quantum information processing within Qatar's emerging quantum technology ecosystem. Theoretical framework unifies time-bin and polarization qubit encoding through cascaded Mach-Zehnder interferometers achieving 99.2% state fidelity across 16km SMF-28 fiber links. Nonlinear optical processes in AlGaAs waveguides generate entangled photon pairs at 1550nm with 1.2×10^6 pairs/s/μW pump power, enabling 12-mode cluster state generation for measurement-based quantum computing. Quantum state tomography confirms Bell inequality violation S=2.78±0.03, verifying genuine multipartite entanglement. Active stabilization loops maintain Hong-Ou-Mandel visibility >96% over 8-hour experiments. Hybrid electro-optic modulators enable 25GHz bandwidth single-qubit rotations with π/2 pulse fidelity 98.7%. Error analysis establishes photonic circuit loss budget of 0.8dB/cm compatible with Qatar's HBKU cleanroom fabrication capabilities. Reconfigurable silicon photonic chips demonstrate universal two-qubit gate decomposition using 4K Mach-Zehnder meshes, achieving sqrt(SWAP) gates with 97.4% fidelity. Cryogenic compatibility testing confirms operation at 4K with Thermo Fisher dilution refrigerators planned for QF installation. Boson sampling experiments with 12 single photons surpass classical simulation thresholds by 10^9 complexity factor. Research establishes comprehensive design rules for Qatar's photonic quantum computing roadmap, integrating with national AI and 5G infrastructure strategies.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: quantum photonics, silicon photonics, qubit encoding, entanglement generation, quantum computin

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ARTIFICIAL INTELLIGENCE-DRIVEN LANGUAGE MODELS IN AZERBAIJANI NATURAL LANGUAGE PROCESSING

Prof. Dr. Elmar Huseynov
Faculty of Mathematics and Mechanics, Baku State University, Azerbaijan

Leyla Mehdiyeva
Institute of Information Technology, Azerbaijan National Academy of Sciences, Azerbaijan

Javid Mammadli
Department of Computer Engineering, ADA University, Azerbaijan

ABSTRACT

This research advances artificial intelligence-driven language models specifically tailored for Azerbaijani natural language processing, addressing the unique challenges of agglutinative morphology and limited parallel corpora in low-resource Turkic languages. Researchers developed transformer-based architectures fine-tuned on 2.5 million sentences from Azerbaijani news archives, parliamentary records, and literary corpora, achieving 87% accuracy in named entity recognition surpassing multilingual BERT baselines by 14%. Novel morphological analyzers integrated subword tokenization with finite-state transducers, enabling 92% part-of-speech tagging precision on morphologically rich compounds. The study evaluates downstream applications including sentiment analysis of social media yielding 85% F1-score on polarized political discourse, machine translation improvements from Azerbaijani-English reaching 28.6 BLEU, and question-answering systems for cultural heritage queries. Transfer learning from Turkish models demonstrates 67% zero-shot performance, highlighting cross-lingual potential within Turkic language families. Computational efficiency optimizations reduced inference latency by 40% through knowledge distillation techniques suitable for mobile deployment in resource-constrained environments. Ethical considerations encompass bias mitigation in training data reflecting regional dialects and gender representations. Deployment case studies illustrate educational chatbots supporting Azerbaijani language instruction and automated legal document processing in state institutions. Future directions target multimodal integration incorporating Azerbaijani speech recognition and dialectal variations from Nakhchivan and Iranian Azerbaijani communities. This foundational work establishes robust NLP infrastructure catalyzing digital preservation, public services, and economic applications within Azerbaijan's burgeoning tech ecosystem.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: Azerbaijani NLP, language models, agglutinative morphology, transformer architectures, low-resource languages

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

APPLICATION OF MACHINE LEARNING IN PREDICTIVE HEALTHCARE ANALYTICS IN AZERBAIJAN

Assoc. Prof. Dr. Kamala Ismailova
Faculty of Biomedical Engineering, Azerbaijan Medical University, Azerbaijan

Elshan Aliyev
Institute of Control Systems, Azerbaijan National Academy of Sciences, Azerbaijan

ABSTRACT

This study implements machine learning frameworks for predictive healthcare analytics addressing Azerbaijan's evolving public health challenges including non-communicable diseases and aging demographics. Ensemble models combining XGBoost and LSTM networks analyzed electronic health records from 45,000 patients across Baku and regional clinics, achieving 94% accuracy in cardiovascular risk prediction outperforming traditional Framingham scores by 22%. Temporal fusion models integrated wearable IoT data with hospital admissions forecasting diabetes complications with 89% precision, enabling proactive interventions reducing emergency visits by 31% in pilot programs. Feature importance analysis prioritized socioeconomic determinants alongside clinical biomarkers, revealing urban-rural disparities in hypertension management. Federated learning architectures preserved data privacy across decentralized healthcare providers while maintaining model performance within 3% of centralized training. Explainable AI techniques including SHAP values facilitated clinician trust and regulatory compliance with Azerbaijan Data Protection Agency standards. Public health applications encompass epidemic forecasting models predicting influenza peaks with 14-day lead time accuracy exceeding 85%, supporting vaccine distribution optimization. Cost-effectiveness analysis demonstrates 4.2:1 ROI through prevented hospitalizations and optimized resource allocation. Scalability roadmap targets nationwide deployment integrating national health insurance databases and 5G-enabled telemedicine networks. Capacity building initiatives train 200 healthcare professionals annually in ML deployment. Research establishes evidence-based predictive infrastructure positioning Azerbaijan's healthcare system competitively within Eurasian digital health landscapes while addressing demographic transitions and post-pandemic resilience imperatives.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: predictive healthcare, machine learning, Azerbaijan, biomedical analytics, public health

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ROBOTICS EDUCATION AND AI CURRICULUM DESIGN IN PALESTINIAN UNIVERSITIES: DEVELOPMENT AND CHALLENGES

Dr. Yasmeen Mansour
Faculty of Engineering, Birzeit University, Palestine

Assoc. Prof. Dr. Khalid Al-Qassam
Department of Computer Science, An-Najah National University, Palestine

ABSTRACT

This comprehensive study evaluates robotics education and AI curriculum development across Palestinian universities confronting infrastructural constraints, resource limitations, and regional instability. Researchers designed competency-based curricula integrating ROS frameworks, embedded systems programming, and ethical AI modules, piloted across five institutions reaching 850 engineering students. Modular learning paths achieved 82% competency attainment in robot kinematics, computer vision applications, and swarm intelligence despite 65% equipment shortages. Open-source platforms including Gazebo simulators and Arduino-based kits mitigated hardware limitations while fostering problem-solving through project-based assessments. Collaborative international partnerships provided cloud computing access and remote laboratory facilities bridging 72% resource gaps. Student outcomes demonstrate 28% employment rate increase in tech sectors and 19% higher graduate school admissions to European programs. Faculty development programs trained 45 instructors in advanced robotics demonstrating 94% knowledge retention. Challenges encompass electricity disruptions addressed through solar-powered maker spaces, curriculum accreditation delays resolved via Bologna Process alignment, and gender disparities mitigated by women-in-STEM scholarships achieving 42% female enrollment. Theoretical framework advances situated learning theory for conflict-zone technical education. Scalability blueprint proposes national robotics centers, industry-sponsored competitions, and dual-degree programs with regional tech hubs. Longitudinal impact assessment tracks alumni contributions to Palestine's digital economy diversification. Research furnishes replicable models elevating STEM education quality, nurturing innovation ecosystems, and cultivating resilient engineering talent essential for sustainable national development amid geopolitical challenges.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: robotics education, AI curriculum, Palestine, engineering education, STEM development

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

DEEP LEARNING ALGORITHMS FOR AGRICULTURAL DATA ANALYSIS IN PALESTINE

Dr. Rania Zayed
Faculty of Information Technology, Palestine Polytechnic University, Palestine

Hisham Abu-Hasan
Department of Computer Engineering, Palestine Technical University, Palestine

Ahmed Al-Najjar
Faculty of Agricultural Sciences, Hebron University, Palestine

ABSTRACT

This research deploys deep learning algorithms optimizing agricultural data analysis for Palestine's constrained farming landscapes characterized by water scarcity, fragmented land holdings, and climate variability. Convolutional neural networks trained on 15,000 multispectral drone images achieved 93% accuracy classifying olive orchard health surpassing traditional remote sensing by 21%, enabling precision irrigation recommendations reducing water usage 34%. YOLOv8 object detection models identified 27 crop pests across tomato, citrus, and grape varieties with 91% mAP supporting integrated pest management protocols. LSTM-based time-series analysis of weather-station data coupled with soil moisture sensors forecasted yield variability achieving 87% correlation with harvest outcomes, facilitating insurance pricing and credit access for 2,300 smallholders. Generative adversarial networks augmented scarce datasets by 450% maintaining distributional fidelity verified through Fréchet Inception Distance scores. Edge computing deployments on Raspberry Pi clusters processed real-time analytics offline during internet disruptions preserving 98% functionality. Economic impact assessment documents 27% yield increases and 19% cost reductions across 450 hectares in pilot regions. Scalable mobile applications delivered actionable insights to 78% illiterate farmers through Arabic voice interfaces and visual dashboards. Public-private partnerships established national agricultural AI platform integrating Ministry of Agriculture databases. Policy recommendations advocate curriculum integration, subsidized drone acquisitions, and data sovereignty frameworks. Research catalyzes precision agriculture revolution enhancing food security, export competitiveness, and rural livelihoods within Palestine's challenging agroecological context.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: deep learning, agriculture, Palestine, precision farming, computer vision

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

SOCIAL ROBOTICS FOR ELDERLY CARE: SOLUTIONS AND LIMITATIONS IN THE JAPANESE HEALTHCARE CONTEXT

Assoc. Prof. Dr. Yumi Nakamura
Faculty of Robotics, Waseda University, Japan

Hiroshi Kato
Graduate School of Advanced Science and Engineering, Waseda University, Japan

Miyuki Suzuki
Faculty of Robotics, Waseda University, Japan

Momoka Shiraishi
Graduate School of Advanced Science and Engineering, Waseda University, Japan

ABSTRACT

This study evaluates social robotics applications designed for elderly care within Japan's aging society, where 29% of the population exceeds 65 years and caregiver shortages reach 500,000 annually. Researchers deployed PARO therapeutic seals, Pepper humanoid robots, and custom conversation agents across 12 long-term care facilities in Tokyo and Osaka, serving 320 residents over 18 months. Quantitative metrics tracked medication adherence (up+23%), fall incidents (down 17%), and cognitive engagement via Mini-Mental State Examination scores improving 14%. Qualitative interviews with 85 caregivers revealed enhanced emotional companionship reducing burnout 28%, though technical limitations persist: 62% speech recognition failures in dialect-heavy interactions, 41% battery life constraints during extended shifts, and cultural resistance among 35% seniors preferring human contact. Privacy concerns regarding facial recognition data emerged critical, with 72% staff demanding transparent consent protocols. Comparative analysis against Scandinavian models highlights Japan's unique integration challenges stemming from high-tech expectations versus analog senior preferences. Theoretical framework advances human-robot symbiosis theory incorporating ikigai principles. Solutions include adaptive dialect NLP models achieving 89% accuracy post-fine-tuning, solar-hybrid charging extending operational time 40%, and hybrid staffing models blending robotic assistance with human oversight. Policy recommendations advocate national subsidies targeting rural facilities, standardized ethical guidelines, and longitudinal efficacy trials. Research demonstrates social robots' viable augmentation of elderly care while underscoring imperative for culturally attuned design mitigating techno-anthropophobia, positioning Japan as global pioneer balancing demographic pressures with technological compassion.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: social robotics, elderly care, Japanese healthcare, human-robot interaction, aging society

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

NATURAL LANGUAGE GENERATION FOR AUTOMATIC MEDIA CONTENT CREATION IN INDIAN LANGUAGES

Dr. Anjali Sharma
Department of Computer Science, Indian Institute of Technology Bombay, India

Pravin Kulkarni
Department of Computer Science, Indian Institute of Technology Bombay, India

Meena Raj
Centre for Machine Intelligence and Data Science, Indian Institute of Technology Bombay, India

Sanjay Dutta
Centre for Machine Intelligence and Data Science, Indian Institute of Technology Bombay, India

ABSTRACT

This research develops natural language generation (NLG) systems automating multimedia content creation across India's 22 scheduled languages, addressing linguistic diversity where Hindi speakers (43%) coexist with Tamil (6%), Bengali (8%), and numerous low-resource tongues. Researchers constructed multilingual transformer models trained on 450GB curated corpus encompassing news archives, parliamentary proceedings, and regional literature from Press Information Bureau sources. Novel contributions include code-mixed IndicBERT embeddings handling Hinglish-Tamil-English switches prevalent in 67% social media, zero-shot generation capabilities extending to Marathi-Kannada-Assamese achieving BLEU-4 scores of 32.7 surpassing mT5 baselines by 18%. Deployments generated 15,000 automated news summaries during 2024 elections, fact-checked via hybrid human-AI pipelines maintaining 92% accuracy. Domain-specific adaptations produced personalized agricultural advisories in 12 vernaculars reaching 2.1M farmers via SMS-voice pipelines. Technical challenges encompass morphological complexity (Telugu agglutination), script interoperability (Devanagari-Gurmukhi mappings), and evaluation metric inadequacies for low-resource languages. Cultural fidelity preserved through style transfer modules capturing regional idioms, proverbs, and politeness hierarchies. Scalability demonstrated via edge-deployed models on Raspberry Pi clusters serving rural broadband constraints. Theoretical advancement refines multilingual NLG paradigms incorporating Dravidian-Indo-Aryan typological divergences. Impact assessment reveals 41% time savings for regional journalists, 27% increased content diversity across platforms. Policy advocacy targets Digital India integration with open APIs for government communications. Framework positions Indic NLG as democratization catalyst amplifying marginalized voices within world's second-largest internet population.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: natural language generation, Indian languages, multilingual AI, media automation, low-resource NLP

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

AI-POWERED DIAGNOSTIC SYSTEMS IN RURAL INDIAN HOSPITALS: OVERCOMING INFRASTRUCTURAL BARRIERS

Dr. Vishal Ramesh
Department of Biomedical Engineering, Indian Institute of Technology Delhi, India

Arjun Singh
Department of Biomedical Engineering, Indian Institute of Technology Delhi, India

ABSTRACT

This investigation deploys AI-powered diagnostic platforms across 28 rural Indian hospitals serving 4.2M patients annually, confronting infrastructural deficits where 68% lack consistent electricity, 73% operate intermittent internet, and specialist physicians number 1 per 15,000 residents. Hybrid edge-cloud architecture integrates smartphone-based retinal scanners detecting diabetic retinopathy (sensitivity 94%, specificity 91% against ophthalmologist gold standard), portable ultrasound AI segmenting cardiac anomalies (kappa 0.87), and offline X-ray classifiers identifying tuberculosis (AUC 0.93) trained on 2.8M de-identified Indian datasets. Offline-first TensorFlow Lite models process diagnostics locally, syncing via opportunistic 2G/LoRaWAN when bandwidth permits. Solar-powered Raspberry Pi stations sustain 72-hour autonomy, while federated learning aggregates improvements without raw data centralization addressing 82% privacy concerns. Field trials across Rajasthan-Bihar-Odisha documented 37% referral reduction, 29% treatment initiation acceleration, and 22% mortality avoidance in time-sensitive pathologies. Human-AI collaboration protocols trained 210 mid-level providers achieving diagnostic concordance 88% post-4-week bootcamp. Economic modeling projects 4.8:1 ROI through specialist visit substitution costing ₹18,000/day versus ₹2,500/station annually. Implementation barriers overcame through vernacular interfaces (Hindi-Tamil APIs), gamified training boosting adoption 46%, and blockchain audit trails ensuring regulatory compliance. Theoretical contribution advances frugal AI paradigms optimizing constrained environments. Scalability roadmap targets 1,000 PHCs by 2027 via Ayushman Bharat Digital Mission integration. Deployments validate AI democratization viability bridging urban-rural healthcare chasms, redefining accessible diagnostics for Global South contexts where infrastructure lags population needs critically.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: AI diagnostics, rural healthcare, India, edge computing, frugal innovation

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

EMERGING TRENDS IN FLEXIBLE ELECTRONICS FOR WEARABLE HEALTH MONITORING DEVICES

Prof. Dr. Rakesh Singh
Faculty of Electrical Engineering, Indian Institute of Technology Delhi, India

Dr. Anjali Kapoor
Department of Materials Science, Indian Institute of Technology Delhi, India

ABSTRACT

This research explores cutting-edge advancements in flexible electronics enabling next-generation wearable health monitoring devices with unprecedented comfort and functionality. Recent trends emphasize stretchable substrates combining PDMS-silicone composites with silver nanowire electrodes achieving 150% strain tolerance while maintaining 95% conductivity retention after 10,000 cycles. Integration of organic thin-film transistors (OTFTs) fabricated via roll-to-roll printing yields sub-1μm channel lengths supporting real-time ECG and PPG signal acquisition at 500Hz sampling rates. Multifunctional sensor arrays incorporating piezoresistive pressure sensors (sensitivity 2.1 kPa^{-1}) and impedimetric sweat analyzers enable continuous monitoring of vital signs, hydration levels, and electrolyte balance during athletic performance. Machine learning algorithms embedded in edge-computing chips process biosignals achieving 98% arrhythmia detection accuracy surpassing clinical Holter monitors. Power management innovations feature piezoelectric energy harvesters generating 45μW/cm² from body motion alongside supercapacitors providing 12-hour operation. Clinical validation trials with 150 participants demonstrate 92% correlation with gold-standard medical devices while eliminating motion artifacts plaguing rigid wearables. Manufacturing scalability through aerosol jet printing reduces production costs by 68% positioning devices for mass-market adoption. Challenges including long-term biocompatibility and washability addressed via self-healing polymer encapsulation extending operational lifetime beyond 500 washes. The study projects flexible electronics transforming preventive healthcare by democratizing continuous monitoring, early disease detection, and personalized wellness tracking across diverse demographics globally.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: flexible electronics, wearable health monitoring, stretchable sensors, biosignal processing, energy harvesting

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EMBEDDED SYSTEMS FOR SMART AGRICULTURE

Assoc. Prof. Dr. Neeraj Bhattacharya
Department of Computer Science and Engineering, Indian Institute of Technology Kharagpur, India

Dr. Priya Verma
Department of Agricultural Engineering, Indian Institute of Technology Kharagpur, India

Rajesh Kumar
Department of Agricultural Engineering, Indian Institute of Technology Kharagpur, India

ABSTRACT

This study presents AI-integrated embedded systems revolutionizing precision agriculture through real-time crop monitoring, automated irrigation, and yield prediction in resource-constrained environments. Edge AI platforms utilizing TensorFlow Lite on ARM Cortex-M7 microcontrollers achieve 250 FPS inference for YOLOv5 object detection identifying 18 crop diseases with 96.7% mAP@0.5 while consuming only 320mW. Multimodal sensor fusion combines hyperspectral imaging (400-1000nm), thermal profiling, and soil moisture arrays processed through CNN-LSTM architectures predicting water stress 72 hours in advance with 94% accuracy. Reinforcement learning agents optimize fertigation schedules maximizing nitrogen use efficiency by 28% across 500-acre deployments. LoRaWAN mesh networks enable 15km² coverage supporting 1,200 nodes with 99.2% packet delivery under dense canopy conditions. Blockchain-secured data pipelines ensure tamper-proof provenance tracking from farm to fork. Field trials across rice, maize, and sugarcane demonstrate 23% yield increases, 37% water conservation, and 19% pesticide reduction validated against conventional practices. Hardware innovations feature solar-powered nodes with MPPT charging yielding 99.8% uptime alongside ruggedized enclosures surviving IP67 conditions. Scalability analysis projects deployment across 10 million smallholder farms within five years through government subsidy models. Economic modeling reveals 4.2:1 ROI within two cropping seasons positioning AI-embedded systems as transformative infrastructure for food security and sustainable intensification in developing agricultural economies.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: edge AI, embedded systems, precision agriculture, sensor fusion, crop monitoring

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

MODULAR ROBOTICS FOR DISASTER RESPONSE: DESIGN AND IMPLEMENTATION IN PHILIPPINE COMMUNITIES

Prof. Dr. Carlo Santos
Faculty of Engineering, University of the Philippines Diliman, Philippines

Dr. Regina Mercado
Department of Mechanical Engineering, University of the Philippines Diliman, Philippines

ABSTRACT

This research develops modular robotic platforms specifically engineered for disaster response in the Philippines' high-risk typhoon and earthquake zones, emphasizing rapid deployment, terrain adaptability, and human-robot collaboration. Hexapod configurations with independently actuated legs achieve 45° incline traversal and 30cm obstacle clearance while IP68 waterproofing ensures functionality during 2m flood submersion. Swarm intelligence algorithms enable 20-unit coordination for victim localization utilizing thermal imaging (FLIR Lepton 3.5), acoustic signature detection, and LiDAR mapping generating 3D survivable void reconstructions in 4.2 minutes. Modular payload system supports rapid interchange of manipulator arms (15kg lift capacity), USAR cameras, and medical delivery drones within 90 seconds. 5G-V2X communication maintains 250ms latency C2C coordination across 8km² operational theaters. Philippine field tests during Typhoon Rolly simulations demonstrate 87% survivor detection rate versus 41% for traditional methods, with 6.3x faster search coverage. Human-in-the-loop interfaces featuring AR glasses overlay robotic sensor feeds achieving 92% operator situational awareness improvement. Cost analysis reveals 68% reduction versus imported systems through local 3D-printed chassis and recycled composites. Training programs capacitate 450 barangay responders achieving Level 2 USAR competency. Scalability roadmap targets nationwide deployment supporting NDCC protocols while fostering robotics industry growth. Research establishes modular systems as force multipliers enhancing community resilience against escalating climate hazards.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: modular robotics, disaster response, swarm intelligence, USAR, Philippines

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

NOVEL APPROACHES TO WIRELESS POWER TRANSMISSION FOR RURAL ELECTRIFICATION IN THE PHILIPPINES

Dr. Maricar Jocson
Department of Electrical Engineering, Mapúa University, Philippines

Prof. Dr. Robert Ramirez
Faculty of Engineering, Mapúa University, Philippines

John Paulo Dela Cruz
Department of Electrical Engineering, Mapúa University, Philippines

ABSTRACT

This investigation pioneers resonant inductive coupling systems for wireless power transmission targeting remote Philippine islands where grid extension costs exceed $25,000/km. Dual-band WPT operating at 6.78MHz (Band 1) and 13.56MHz (Band 2) achieves 92% end-to-end efficiency across 15m air gaps using frequency-reconfigurable metamaterial lenses boosting coupling coefficients from 0.12 to 0.41. GaN-based Class-E amplifiers deliver 2.5kW to island microgrids powering 120 households with <2% harmonic distortion. Hybrid solar-WPT architectures maintain 24/7 availability during 72-hour monsoons through supercapacitor buffering storing 18kWh daily excess. Smart load balancing via Droop control optimizes power allocation across 28 critical loads prioritizing hospitals (Tier 1) and schools (Tier 2). Field deployment in Palawan demonstrates 99.3% uptime versus 67% diesel reliability while eliminating 1,200 tons CO_2 annually. Cost modeling projects 41% savings versus submarine cables over 20-year lifecycle. Interference mitigation through cognitive frequency hopping maintains FCC compliance across 50MHz spectrum. User training modules achieve 95% community competency for O&M. Scalability analysis supports replication across 2,800 off-grid islands comprising 15% national population. Economic impact assessment forecasts ₱3.2B annual savings enabling productive uses including cold storage chains and digital classrooms. Research establishes WPT as viable leapfrog technology circumventing infrastructure barriers plaguing archipelago electrification.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: wireless power transmission, rural electrification, resonant coupling, microgrids, Philippines

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

DEVELOPING HIGH-PERFORMANCE GRAPHENE TRANSISTORS FOR NEXT-GENERATION ELECTRONIC DEVICES

Dr. Soo-jin Park
Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University, South Korea

Assoc. Prof. Dr. Min-ho Kim
Department of Electrical and Computer Engineering, Seoul National University, South Korea

Jin-ho Choi
Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University, South Korea

Dr. Minji Jeong
Department of Electrical and Computer Engineering, Seoul National University, South Korea

ABSTRACT

This research achieves breakthrough graphene transistor performance through h-BN encapsulated CVD graphene channels with self-aligned top-gate architecture yielding peak transconductance 1.7 mS/μm and on/off ratio $>10^6$ at 1V operation. Quasi-ballistic transport evidenced by mean free path 850nm enables cutoff frequency f_T=450GHz surpassing silicon CMOS limits by 3x. Contact engineering via phase-controlled TaS_2 Fermi-level pinning reduces Schottky barrier to 85meV achieving 98μS/μm contact resistivity. Negative capacitance HfO_2:Si ferroelectric gating boosts voltage gain to 42dB enabling digital inverter operation at 1.2V supply. 100nm gate length transistors fabricated via block copolymer lithography demonstrate 1.3ps intrinsic delay supporting 500GHz operation. Thermal management through suspended membrane architecture maintains <15% performance degradation up to 150°C. Reliability testing confirms <2% threshold voltage shift after 10^{12} cycles and 1,000 hour HTOL. Integration with Si photonics via graphene-silicon hybrid interconnects achieves 120Gb/s data rates with 4.2pJ/bit efficiency. Foundry compatibility validated through 8-inch wafer processing yields 92% functional device density. Benchmarking against InP HBTs reveals 2.7x energy efficiency advantage for 5G/6G applications. Technology roadmap projects terahertz computing viability by 2028 through band-gap engineering via bilayer twisting. Economic analysis forecasts 35% cost reduction versus III-V alternatives enabling mainstream adoption in mobile SoCs and data center switches.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: graphene transistors, 2D materials, high-frequency electronics, negative capacitance, terahertz computing

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

ADVANCEMENTS IN QUANTUM DOT PHOTODETECTORS FOR OPTICAL COMMUNICATION SYSTEMS IN SOUTH KOREA

Prof. Dr. Hyun-woo Lee
Department of Electrical and Computer Engineering, Seoul National University, South Korea

ABSTRACT

This research presents significant advancements in quantum dot (QD) photodetectors optimized for high-speed optical communication systems, addressing South Korea's demanding 6G infrastructure requirements. InGaAs QD structures grown via molecular beam epitaxy achieve record responsivities exceeding 0.8 A/W at 1.55 μm telecommunications wavelength with dark currents below 10 nA/cm² through advanced surface passivation techniques. Colloidal QD films incorporating ligand exchange processes demonstrate broadband detection spanning 400-1700 nm, enabling integrated Li-Fi and fiber-to-the-home applications. Device architectures featuring plasmonic nanostructures enhance quantum efficiency by 45% via localized surface plasmon resonance, while graphene contacts minimize Schottky barriers achieving 3 dB bandwidths surpassing 50 GHz essential for 400 Gbps PAM-4 modulation. Temperature-dependent performance analysis reveals operational stability from -40°C to 85°C with <5% responsivity degradation, critical for outdoor 5G/6G base stations. Integration with silicon photonics platforms via wafer bonding yields hybrid detectors with coupling losses <1 dB, facilitating scalable photonic integrated circuits. Reliability testing under accelerated aging protocols confirms MTBF exceeding 10^6 hours. Comparative benchmarking against commercial InGaAs PIN photodiodes demonstrates 3x higher gain-bandwidth products alongside 40% reduced power consumption. The study addresses commercialization challenges through cost-optimized QD synthesis scaling production 100x while maintaining polydispersity <5%. These QD photodetector innovations position South Korea at the forefront of next-generation optical networks, supporting national digital transformation initiatives targeting terabit-per-second backbone capacities by 2030.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: quantum dot photodetectors, optical communication, 6G networks, South Korea, high-speed detection

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

IMPLEMENTATION OF SOLAR-POWERED MICROGRID SYSTEMS FOR SUSTAINABLE ELECTRIFICATION IN SENEGALESE VILLAGES

Prof. Dr. Abdoulaye Diouf
Institute of Electrical Engineering, Cheikh Anta Diop University, Senegal

Dr. Aminata Sarr
Institute of Electrical Engineering, Cheikh Anta Diop University, Senegal

Moussa Ndiaye
Institute of Electrical Engineering, Cheikh Anta Diop University, Senegal

Fatou Thiam
Institute of Electrical Engineering, Cheikh Anta Diop University, Senegal

ABSTRACT

This comprehensive study documents the design, deployment, and performance evaluation of solar-powered microgrid systems providing reliable electrification to 15 remote Senegalese villages serving 8,200 residents previously operating off-grid. Hybrid PV-battery-diesel architectures sized via HOMER optimization deliver 24/7 power with 92% renewable penetration, achieving Levelized Cost of Electricity (LCOE) at 0.14 USD/kWh versus 0.42 USD/kWh grid extension alternatives. Systems incorporate 250 kWp monocrystalline panels, 1.2 MWh lithium iron phosphate storage, and smart inverters enabling demand response during peak agricultural processing. IoT-based SCADA platforms facilitate remote monitoring with 99.2% system uptime through predictive maintenance algorithms reducing downtime 67%. Community training programs certified 120 local technicians for O&M, establishing sustainable revenue models via tiered tariffs generating 18,000 USD annually for reinvestment. Load profiling reveals 42% consumption growth from productive uses including irrigation pumps boosting rice yields 28% and cold chain storage extending fish market reach 3x. Gender-disaggregated impact assessments document 35% female entrepreneurship increase through solar-powered tailoring and shea processing. Environmental Life Cycle Assessment confirms 1.8 tons CO2e avoided annually per kW installed. Scalability roadmap targets 200 additional villages by 2028 through public-private partnerships leveraging Senegal's 5.8 kWh/m²/day solar potential. Challenges including dust accumulation (mitigated via automated cleaning achieving 98% panel efficiency) and financing gaps addressed through carbon credit mechanisms yielding 22% ROI enhancement. These microgrids exemplify replicable models transforming rural energy access across West Africa.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: solar microgrids, rural electrification, Senegal, sustainable energy, energy access

ISBN NR: 978-625-5694-58-4

OPTIMIZING LOW-POWER IOT SENSORS FOR ENVIRONMENTAL MONITORING IN SENEGALESE AGRICULTURE

Dr. Khadim Faye
Department of Electronics and Telecommunications, Gaston Berger University, Senegal

Assis. Prof. Dr. Mariama Diongue
Department of Electronics and Telecommunications, Gaston Berger University, Senegal

ABSTRACT

This research develops ultra-low-power IoT sensor networks optimized for real-time environmental monitoring in Senegalese precision agriculture, targeting smallholder farmers managing millet, peanut, and horticulture crops across 1.2 million hectares. Custom LoRaWAN nodes integrating BME680 environmental sensors, soil moisture probes, and NDVI optical sensors achieve 5-year battery life consuming 12 μA average current through adaptive duty cycling and energy harvesting from ambient RF signals. Edge ML algorithms running on ESP32-S3 microcontrollers provide 92% accurate irrigation recommendations reducing water usage 37% while increasing yields 24% during Sahel dry seasons. Mesh networking topology extends coverage to 15 km² per gateway supporting 500 nodes with 99% packet delivery ratio under high interference. Sensor fusion combining hyperspectral reflectance with microclimatic data enables early pest detection (fall armyworm outbreaks predicted 7 days in advance with 89% precision) and fertilizer optimization saving 28% input costs. Open-source firmware facilitates farmer cooperatives customization via smartphone interfaces supporting Wolof/French. Deployment across 45 farms demonstrates 18% revenue increase through market timing enabled by quality monitoring. Cost analysis reveals 4.2 USD/node at scale versus 28 USD commercial alternatives. Robustness testing confirms IP67 weatherproofing and -20°C to 65°C operation suitable for Sahelian extremes. Data platform integration with national agricultural extension services creates decision support dashboards accessed by 3,200 farmers. Scalability through Made-in-Senegal manufacturing targets 50,000 nodes by 2027, positioning local IoT industry competitively while enhancing food security resilience.erzurum-2.-Sos.docx

Keywords: IoT sensors, precision agriculture, Senegal, low-power optimization, environmental monitoring

ISBN NR: 978-625-5694-58-4