



PROCEEDINGS BOOK

AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES

April 1 - 2, 2023
Adana

ISBN: 978-625-6393-44-8
Academy Global Publishing House



AKDENİZ
9TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
APRIL 1- 2 ,2023
ADANA

Edited By

ASSIS. PROF. DR. MAHDI MESKINI HEYDARLOU

CONFERENCE ORGANIZING BOARD

Head of Organizing Board: Assis. Prof. Dr. Gültekin Gürçay

Organizing Committee Member: Amaneli Manafidizaji

Organizing Committee Member: Prof. Dr. Hülya Çiçek Kanbur

Organizing Committee Member: Prof. Dr. Ali Bilgili

Organizing Committee Member: Prof. Dr. Naile Bilgili

Organizing Committee Member: Prof. Dr. Başak Hanedan

Organizing Committee Member: Prof. Dr. Dwi Solisworo

Organizing Committee Member: Prof. Dr. Dody Hartando

Organizing Committee Member: Prof. Dr. Raihan Yusoph

Organizing Committee Member: Assoc. Prof. Dr. Ivaylo Staykov

Organizing Committee Member: Assist. Prof. Dr. K. R. Padma

Organizing Committee Member: Dr. Mehdi Meskini Heydarlou

Organizing Committee Member: Aynur Əliyeva

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 Conference & Journals–2023 ©

Issued: 30.04.2023

ISBN: 978-625-6393-44-8

CONFERENCE ID

**AKDENIZ
9TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES**

DATE – PLACE
APRIL 1- 2 ,2023
ADANA

ORGANIZATION
ACADEMY CONFERENCES

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

PARTICIPATING COUNTRIES
Turkey – Azerbaijan- Iran – India – Lithuania – Azerbaijan – Malaysia - United Arab Emirates - United States – Israel- Spain – Nigeria – Italy – Algeria – Poland - Saudi Arabia – Iraq – Australia – Pakistan - France - Egypt- Jordan – Kuwait –

PRESENTATION
Oral presentation

PERCENTAGE OF PARTICIPATION
45% FROM Turkey And 55 % From Other Countries

LANGUAGES
Turkish, English, Russian, Persian, Arabic

Scientific & Review Committee

Dr. Gulmira ABDİRASULOVA – Kazakhstan

Prof. Dr. Yunir ABDRAHIMOV – Russia

Doç. Dr. Nazilə Abdullazadə - Azerbaijan

Dr. Omid AFGHAN - Afghanistan

Prof. Dr. Ali BİLGİLİ - Türkiye

Prof. Dr. Naile BİLGİLİ - Türkiye

Prof. Dr. Başak HANEDAN - Türkiye

Prof. Dr. Asım KART - Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi Büşra YARANOĞLU - Türkiye

Dr. Öğretim Üyesi İsmail Hakkı TEKİNER - Türkiye

Doç. Dr. Şeyma ÇALIŞKAN ÇAVDAR - Türkiye

Dr. Maha Hamdan ALANAZİ - Saudi Arabia

Aynurə Əliyeva - Azerbaijan

Dr. Dzhakipbek Altaevich ALTAYEV - Kazakhstan

Doç. Dr. Abdulsemet AYDIN – Türkiye

Doç. Dr. Nurhan AYDIN - Türkiye

Dr. Amina Salihi BAYERO – Nigeria

Dr. Baurcan BOTAKARAEV - Kazakhstan

Doç. Dr. Seher DİRİCAN - Türkiye

Dr. Ahmad Sharif FAKHEER - Jordania

Doç. Dr. Abbas GHAFFARI – Iran

Dr. Gültekin GÜRÇAY - Türkiye

Dr. Ahmet GÜMÜŞ - Türkiye

Prof. Dr. Gulzar İBRAGİMOVA - Azerbaijan

Doç. Dr. Dilorom HAMROEVA - Uzbekistan

Dr. Dody HARTANTO - Indonesia

Dr. Cihandar HASANHANOĞLU – Türkiye

Dr. Mehdi Meskini HEYDALOU – Iran

Prof. Dr. Həcər Hüseynova - Azerbaijan

Dr. Bazarhan İMANGALİYEVA - Kazakhstan

Dr. Keles Nurmaşılı JAYLIBAY - Kazakhstan

Dr. Mamatkuli JURAYEV – Uzbekistan

Dr. Kalemkas KALIBAEVA – Kazakhstan

Dr. Bouaraour KAMEL – Algeria

Prof. Dr. Hülya Çiçek KANBUR - Türkiye

Doç Dr. Mehmet KAYA – Türkiye

Doç. Dr., İradə Kərimova - Azerbaijan

Prof. Dr. Emine KOCA – Türkiye

Prof. Dr. Fatma KOÇ - Türkiye

Doç. Dr. F. Gül KOÇSOY - Türkiye

Prof Dr. Bülent KURTİŞOĞLU - Türkiye

Doç Dr. Elif AKPINAR KÜLEKÇİ - Türkiye

Sonali MALHOTRA - India

Dr. Alia R. MASALİMOVA - Kazakhstan

Prof. Muntazir MEHDI - Pakistan

Dr. Amanbay MOLDİBAEV - Kazakhstan

Doç. Dr. Yaprak I. OZDEMIR - Türkiye

Assist. Prof. K. R. PADMA – India

Doç. Dr. Sevinc Sadıqova - Azerbaijan

Doç. Dr. Yeliz ÇAKIR SAHİLLİ - Türkiye

Dr. Ayslu B. SARSEKENOVA - Kazakhstan

Doç. Dr. Işık SEZEN - Türkiye

Doç. Dr. Könül Səmədova - Azerbaijan

DR. Bhumika SHARMA - India

Prof. Dr. Sibel SİLİCİ - Türkiye

Dr. Gulşat ŞUGAYEVA – Kazakhstan

Prof. Dr. Dwi SULISWORO – Indonesia

Assoc. prof. Ivaylo STAYKOV, Bulgaria

Doç. Dr. Mine GÖZÜBÜYÜK TAMER - Türkiye

Doç. Dr. Yeliz KINDAP TEPE - Türkiye

Dr. K.A. TLEUBERGENOVA - Kazakhstan

Dr. Cholpon TOKTOSUNOVA – Kirgizia

Dr. Hoang Anh TUAN - Vietnam

Dr. Botagul TURGUNBAEVA - Kazakhstan

Dr. Dinarakhan TURSUNALIEVA - Kirgizia

Doç. Dr. Ali Korkut ULUDAĞ - Türkiye

Prof. Dr. Raihan YUSOPH -Philippines

Prof. Dr. Akbar VALADBIGI - Iran

Dr. Yang ZİTONG – China

Prof. Dr. Dody Hartando – Indonasia

Assoc. Prof. Dr. Ivaylo Staykov – Bulgaria

Prof. Dr. Dwi Solisworo – Indonesia

Assoc. Prof. Dr. Dini Yuniarti - Indonesia

AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
APRIL 1 – 2, 2023
ADANA



AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
APRIL 1 - 2, 2023
ADANA

CONFERENCE PROGRAM
Online Presentation

Join Zoom Meeting

<https://us02web.zoom.us/j/89583939448?pwd=ZGFhZTA0eUZNTeJtSTZQVW1yRW40QT09>

Meeting ID: 895 8393 9448

Passcode: 12042

www.akademikongre.org





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,

www.akademikongre.org

exp. H-..., S- ... NAME SURNAME

AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES

APRIL 1 – 2, 2023

ADANA



01. 04. 2023

10: 00 – 12:00

Meeting ID: 895 8393 9448

Passcode: 12042

HALL: 1 SESSION: 1

MODERATOR: Doç.Dr., Zuhâl AKMEŞE DEMİR

Assoc. Prof. Dr. Ali Akin
AKYOL

Prof. Dr. Yusuf Kagan
Kadioglu

ARCHAEOLOGICAL ANALYSES IN ANTAKYA SEMERCİLER MOSQUE
BUILDING MATERIALS

Assoc. Prof. Dr. Ali Akin
AKYOL

Prof. Dr. Yusuf Kagan
Kadioglu

ARCHAEOLOGICAL ANALYSES OF BUILDING MATERIALS OF ANTAKYA
HABİBİ NECCAR MOSQUE TOMB

Doç. Dr. Tolga KARACA
Doç. Dr. Ahmet Hakan BAŞ
Arş. Gör. Bora KANAR

MUALLİM İSMAİL HAKKI BEY'İN SAZ ESERLERİNİN TESPİTİ VE MÜZİKAL
ANALİZİ

Doç. Dr. Tolga KARACA
Doç. Dr. Ahmet Hakan BAŞ
Arş. Gör. Bora KANAR

DELLALZADE İSMAİL EFENDİ ve TARZ-I NEVİN PEŞREVİNİN MAKAMSAL
ANALİZİ

Doç.Dr., Zuhâl AKMEŞE
DEMİR
Doç.Dr., Özcan DEMİR

FİLM FESTİVALLERİNİN KENTİN KÜLTÜREL DOKUSUNA ETKİLERİ:
ULUSLARARASI SİİRT KISA FİLM FESTİVALİ ÖRNEĞİ

Doç.Dr., Özcan DEMİR
Doç.Dr., Zuhâl AKMEŞE
DEMİR

STREAM PLATFORMLARDA ALGORİTMALARIN BELİRSİZLİK YÖNETİMİ
ARACI OLARAK KULLANIMI: NETFLİX ÖRNEĞİ

Özge Hilal NAR
Yiğit AKGÜL
Doç. Dr. Yaşar BARUT

ÇOCUK ASKERLER

AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES

APRIL 1 – 2, 2023

ADANA



01. 04. 2023

10: 00 – 12:00

Meeting ID: 895 8393 9448

Passcode: 12042

HALL: 2 SESSION: 1

MODERATOR Assoc. Prof. Dr. Tuğçe KAYNAK AKÇAOĞLU

Zohaib Hassan Sain

THE OVERVIEW OF PROBLEMS LEARNED IN HIGHER EDUCATION
INSTITUTIONS IN PAKISTAN

Associate Professor Hilal
KAZU

EXAMINATION OF THE SOCIAL EMOTIONAL LEARNING SKILLS LEVELS
OF TEACHERS IN TERMS OF SOME VARIABLES

PhD Student, Mümine Güher
ÖZERCAN

Assoc. Prof. Dr. Tuğçe
KAYNAK AKÇAOĞLU

“PİYANO EĞİTİMİ VE ÖĞRETİMİ” DERSİ KAPSAMINDA EŞLİK
KAZANIMINA İLİŞKİN ÖĞRENCİ VE ÖĞRETMEN GÖRÜŞLERİ

Seher GÜHER

MONTESSORİ YAKLAŞIMINA DAYALI DEĞERLER EĞİTİMİ

Dr. Öğr. Üyesi, Yeliz BOLAT

Öğretmen, Kürşat GÜLER

OPINIONS OF SECONDARY SCHOOL TEACHERS ON INCLUSION
PRACTICES

Doç. Dr. Meltem YALIN UÇAR

Öğretmen, Nalan YALDIRGAN

SINIF ÖĞRETMENLERİNİN PANDEMİ SÜRECİ UZAKTAN EĞİTİME
İLİŞKİN DENEYİMLERİ

Doç. Dr. Meltem YALIN UÇAR

Ünsal TAZEGÜL

COMPARISON OF ALEXITIMIC PERSONALITY FEATURES OF PHYSICAL
EDUCATION AND SPORTS SCHOOL STUDENTS

(Mardin Province Example)

Ünsal TAZEGÜL

DETERMINING THE RELATIONSHIP BETWEEN THE LEVELS OF
NARCISISM AND THE RELIGIOUS VIEW OF THE WORLD OF THE
ATHLETES WHO STOP ACTIVE SPORTS

AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES

APRIL 1 – 2, 2023
ADANA



01. 04. 2023

10: 00 – 12:00

Meeting ID: 895 8393 9448

Passcode: 12042

HALL: 3
ATATOPRAK

SESSION: 1

MODERATOR: Assoc. Prof. Dr. Fatma Nur YORGANCILAR

Chems Eddine
BOUKHEDIMI

Impact of House Possession on the Newness of Solar Kit Prices in Algeria

Doktora Öğrencisi,
Gülşah ÇETİN

THE BASIS OF TAX PSYCHOLOGY AND THE REACTIONS OF THE TAX
LIABILITY IN THE TAX COMPLIANCE PROCESS

Assist. Prof. Dr. Ekin
AKDENİZ

EVALUATION OF CASE STUDIES ON ORGANIZATIONAL BEHAVIOR
RELATED TO ORGANIZATIONS IN TURKEY

Assoc. Prof. Dr. Fatma
Nur YORGANCILAR
ATATOPRAK

THE IMPORTANCE OF INNOVATION MANAGEMENT

Dr. Öğr. Üyesi, Hilal OK
ERGÜN

ACCESS TO DIGITAL BANKING SERVICES AND HUMAN DEVELOPMENT
INDEX: AN APPLICATION ON DEVELOPING COUNTRIES

Dr, Mansur BEŞTAŞ

NFT VARLIKLARININ GÜVENLİK VE DIŞ KAYNAK KULLANIMI KAYNAKLI RİSKLERİ

www.akademikongre.org

AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
APRIL 1 – 2, 2023
ADANA



01. 04. 2023

10: 00 – 12:00

Meeting ID: 895 8393 9448

Passcode: 12042

HALL: 4 SESSION: 1

MODERATOR: Doç. Dr. Ümmühan Elçin Ertuğrul

Assoc. Prof. Dr. Nimet Özbek

TÜRK VATANDAŞLIK HUKUKUNDA ÖZEL HAYATIN GİZLİLİĞİNE İLİŞKİN OLARAK VERİLEN ANAYASA MAHKEMESİ KARARI ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME

Assist. Prof. Dr. Handan BOYALI
Öğr. Gör. Sertaç KIRAÇ

LOCAL AGENDA 21 POLICIES IN TURKEY FROM THE PERSPECTIVE OF PARTICIPANT DEMOCRACY

Dr. Öğr. Üy. Gülcan AZİMLİ
ÇİLİNGİR

TARIM VE KÖYİŞLERİ BAKANLIĞI TEŞKİLAT TARİHÇESİ ÜZERİNE

Assist. Prof. Dr. Firdevs
YÜZBAŞI TOBAZ

EFFECTS OF TECHNOLOGY ON POLITICAL PARTIES: A REVIEW ON ELECTRONIC POLITICAL PARTIES (E-PARTY)

Doç. Dr. Ümmühan Elçin
Ertuğrul

ULUSLARARASI MÜLTECİ HUKUKUNDA 'KİTLESEL AKIN' VE AVRUPA BİRLİĞİNİN TEPKİSİ

www.akademikongre.org

AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
APRIL 1 – 2, 2023
ADANA



01. 04. 2023

10: 00 – 12:00

Meeting ID: 895 8393 9448

Passcode: 12042

HALL: 5 SESSION: 1

MODERATOR: Dr. Öğr. Üyesi, Bekir BELENKUYU

Dr. Tuğba KARABULUT	A FEMINIST ANALYSIS OF GEORGE BERNARD SHAW'S MRS. WARREN'S PROFESSION: THE CONCEPT OF "NEW WOMAN"
Prof. Dr. Hanife Nâlân GENÇ	REFİK HALİD KARAY'IN MEMLEKET HİKAYELERİNDE BİR İZLEK OLARAK SÜRGÜN
Prof. Dr. Hanife Nâlân GENÇ	BURHAN CAHİT MORKAYA'NIN MUDANYA-LOZAN-ANKARA İSİMLİ YAPITINDA MİLLÎLİK VE MEDENİLİK KAVRAMLARI
Prof. Dr. Hanife Nâlân GENÇ	HÜSEYİN RAHMİ GÜRPINAR'IN MİSAFİR'İNE KADINCA BİR BAKIŞ
Erva Göksenil Yılmaz	INTERPRETING POE AND MELVILLE WITHIN THE ECOGOTHIC APPROACH
Dr. Öğr. Üyesi, Bekir BELENKUYU	ASHAB AL-KAHF IN OTTOMAN CULTURE AND İLHÂMÎ'S (D. 1890) ASHÂB-I KEHF POEM
Yüksek Lisans Öğrencisi, Kübra Görmez	ŞEVKET YÜCEL'İN DENEMELERİNDE İNSAN

www.akademikongre.org

AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
APRIL 1 – 2, 2023
ADANA



01. 04. 2023		10: 30 – 12:30	
Meeting ID: 895 8393 9448		Passcode: 12042	
HALL: 6 SESSION: 1		MODERATOR:	HAMZA M. A. MUFTAH
ISRAA A. QARI	Evaluation of Pragmatic Information in an English Textbook: Focus on Requests		
FADIL ELMENFI	Retranslation of Orientalism: Reading Said in Arabic		
MOHSEN MAHMOUD ROWSHANZAMIR	Individualistic and Social Moral Concerns in Hawthorne’s Novels		
HAMZA M. A. MUFTAH	The Investigation of the Possible Connections between Acculturation and the Acquisition of a Second Language on Libyan Teenage Students		
VASANTA DUGGIRALA Y. VISWANATHA NAIDU	Cutting and Breaking Events in Telugu		
MICHELE SINICO	New Perceptual Organization within Temporal Displacement		
AAIDHA HAMMAD	Code-Switching in Facebook Chatting Among Maldivian Teenagers		
SALEEM ABU JABER KHALED IGBARIA	Spacial Poetic Text throughout Samih al-Qasim's Poetry		
AFIA SHAHID	Towards a Deconstructive Text: Beyond Language and the Politics of Absences in Samuel Beckett’s Waiting for Godot		
MAYA LISA ARYANTI S. S. M. HUM	The Role of Paraphrase in Interpreting Students’ Writing		

AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
APRIL 1 – 2, 2023
ADANA



01. 04. 2023		10: 30 – 12:30	
Meeting ID: 895 8393 9448		Passcode: 12042	
HALL: 7	SESSION: 1	MODERATOR:	NGUYEN VIET TAN
KAILASH RAJEEV KUMAR SAHA SANJEEV GOYAL	Performance Indicators for Benchmarking of Internal Supply Chain Management		
JAILAN MOHAMED EL DEMERDASH	Millennials' Viewpoints about Sustainable Hotels' Practices in Egypt: Promoting Responsible Consumerism		
JAVED Y. UPPAL	Re-Visiting Rumi and Iqbal on Self-Enhancement for Social Responsibility		
M. M. SHAHIDUL HASSAN, OMIYA HASSAN	The Importance of Changing the Traditional Mode of Higher Education in Bangladesh: Creating Huge Job Opportunities for Home and Abroad		
NGUYEN VIET TAN	Identifying the Traditional Color Scheme in Decorative Patterns Used by the Bahnar Ethnic Group in the Central Highlands of Vietnam		
RADWA MABROOK	Collaborative and Experimental Cultures in Virtual Reality Journalism: From the Perspective of Content Creators		
SADHANA GHNAYEM VISHAL D. PANDYA	The Impact of Socio-Economic and Type of Religion on the Behavior of Obedience among Arab-Israeli Teenagers		
NAEEM ULLAH KHANKALSOOM KHAN	Management of English Language Teaching in Higher Education		
MURITALA BABATUNDE HASSAN	Evolving Paradigm of Right to Development in International Human Rights Law and Its Transformation into the National Legal System: Challenges and Responses in Pakistan		
	The Politics of Foreign Direct Investment for Socio-Economic Development in Nigeria: An Assessment of the Fourth Republic Strategies (1999 - 2014)		

AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
APRIL 1 – 2, 2023
ADANA



01. 04. 2023		10: 30 – 12:30	
Meeting ID: 895 8393 9448		Passcode: 12042	
HALL: 8 SESSION: 1		MODERATOR:	HIROSHI IKEDA
ABDULKAREEM HUSSEIN BIBIRE	Job Satisfaction and Motivation as Predictors of Lecturers’ Effectiveness in Nigeria Police Academy		
MILENA GOJNY- ZBIEROWSKA	The Use of Psychological Tests in Polish Organizations: Empirical Evidence		
ASIF ALI, DAUD SALIM FARUQUIE	A Quasi-Systematic Review on Effectiveness of Social and Cultural Sustainability Practices in Built Environment		
OKECHUKWU ODINAKA AJAEGBU	Premarital Sex, HIV, and Use of Condom among Youths in Nigeria		
MOHAMED M. ELSHERBINY	The Effectiveness of Cognitive Behavioural Intervention in Alleviating Social Avoidance for Blind Students		
HIROSHI IKEDA	Comparative Study of Fatigue and Drowsiness in the Night-time Passenger Transportation Industry in Japan		
VERONIKA PIVKINA ALLA KIM KHON NATALIYA	Peculiarities of Comprehending the Subjective Well- Being by Student with High and Low Level of Emotional Intelligence		
KEVIN MOUSTAPHA	Psychopathic Disorders and Judges Sentencing: Can Neurosciences Change This Aggravating Factor in a Mitigating Factor?		
ZEINABSADAT HAGSHENAS	Case Studies in Three Domains of Learning: Cognitive, Affective, Psychomotor		
MAI AL-SUBAIE	What Are the Factors Underlying the Differences between Young Saudi Women in Traditional Families That Choose to Conform to the Society Norms, and Young Saudi Women Who Do Not Conform?		

www.akademikongre.org

AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
APRIL 1 – 2, 2023
ADANA



01. 04. 2023		10: 30 – 12:30	
Meeting ID: 895 8393 9448		Passcode: 12042	
HALL: 9 SESSION: 1		MODERATOR:	NINO PARESASHVILI
ILHAM BENALI NASSER HAJJI NAWFAL ACHA	The Effect of Foreign Owned Firms and Licensed Manufacturing Agreements on Innovation: Case of Pharmaceutical Firms in Developing Countries		
ALI ALOTAIBI FRANCIS EDUM-FOTWE ANDREW PRICE	Identification of Social Responsibility Factors within Mega Construction Projects		
OLGA A. SHVETSOVA	Core Competence Development while Carrying out Organizational Changes		
BITA MASHAYEKHI MARJAN FAYYAZI PARISA SEFATI	A Study on the Relation between Auditor Rotation and Audit Quality in Iranian Firms		
FEDDAOUI AMINA	Using “Eckel” Model to Measure Income Smoothing Practices: The Case of French Companies		
SOMAYEH SOBATI MOGHADAM	SeCloudBPMN: A Lightweight Extension for BPMN Considering Security Threats in the Cloud		
SAFA OUGOUJIL SIDI MOHAMED RIGAR	Ethical Finance and Islamic Finance: Particularities, Possible Convergence and Potential Development		
SAWSAN J. AL-HUSSEINI	The Influence of Transformational Leadership on Knowledge Sharing in Iraq’s Public and Private Higher Education: A Comparison Study		
NINO PARESASHVILI NINO ABESADZE	Main Tendencies of Youth Unemployment and the Regulation Mechanisms for Decreasing Its Rate in Georgia		
ELMAMY AHMEDSALEM	Application of Western and Islamic Philosophy to Business Ethics		

AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES

APRIL 1 – 2, 2023
ADANA



01. 04. 2023

14: 00 – 16:00

Meeting ID: 895 8393 9448

Passcode: 12042

HALL: 1 SESSION: 2

MODERATOR: Dr. Öğr. Üyesi, Yıldırım YILDIRIM

Uzm. Psk. Bilgenur YILDIRIM
Öğrt. Nurgül KARTAL
Doç. Dr. Yaşar BARUT

THE INHERITANCE OF WOMEN WHO IMPRESSED THE MALE
DOMINATED WORLD

Öğrt. Nurgül KARTAL
Uzm. Psk. Bilgenur YILDIRIM
Doç. Dr. Yaşar BARUT

A GENERAL REVIEW OF SOCIAL PERCEPTIONS OF GENDER IN ISLAM
AND JUDAISM

Dr. Öğr. Üyesi, Yıldırım
YILDIRIM

II. ABDÜLHAMİD DEVRİNDE EĞİTİM İÇİN CAVA ADASINDAN
DERSAADET'E GELEN ÖĞRENCİLER

Doktora Öğrencisi,
Abdurrahman BARUT

TÜRKİYE'DE HÜSN-İ TİLÂVET (TASHÎH-İ HURÛF) KURSLARININ
SERENCAMI (UZAKTAN EĞİTİMDEKİ İŞLEYİŞ VE DEĞERLENDİRMELER)

Merve ELMUSA
Doç. Dr. Mustafa ÖZTOPRAK

COMMON SENSE AND ITS PLACE IN THE SCIENCE OF HADİTH: THE
EXTENT OF THE DANGER OF ITS CHANGE AND HOW TO ADDRESS THE
FACTORS AFFECTING IT

www.akademikongre.org

AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES

APRIL 1 – 2, 2023
ADANA



01. 04. 2023

14: 00 – 16:00

Meeting ID: 895 8393 9448

Passcode: 12042

HALL: 2 SESSION: 2		MODERATOR: Doç. Dr., Fırat ŞAL	
Doç. Dr., Fırat ŞAL		HELİKOPTERLERDE OK AÇILI VE ANHEDRALLİ FARKLI PALE UCU BAŞKALAŞIM YAKLAŞIMLARININ DERİNLEMESİNE İNCELENMESİ	
Harun ŞENTÜRK Doç. Dr. Hayati MAMUR		NESNELERİN İNTERNETİ İLE RASPBERRY PI TABANLI SU KUYULARINDAKİ SU POMPASI MOTORLARININ İZLENMESİ VE KONTROLÜ	
Enez ODACI Doç. Dr. Hayati MAMUR		NEMLİ VE KIŞ MEVSİMLERİNDE KULLANILABİLECEK TAŞINABİLİR HIZLI ÇAMAŞIR KURUTMA ASKI APARATI	
Öğr. Gör. ÖZNUR ÖZDİNÇ		LİF KESİT ŞEKLİ VE FİLAMENT SAYISI DEĞİŞTİRİLMİŞ POLYESTER 2D DOKUMA ZEMİN KAPLAMALARININ MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN MULTİ EKSENLİ GRAFİK YÖNTEMİ İLE ANALİZİ	
Öğr. Gör., Muhammet DEMİRBAŞ Doç. Dr., Serhat DUMAN Doç. Dr., M. Kenan DÖŞOĞLU Arş. Gör., Yunus BALCI		DETERMINATION OF PID 2 CONTROLLER PARAMETERS FOR AVR SYSTEM WITH dFDB-MRFO ALGORITHM	
Doç. Dr., M. Kenan DÖŞOĞLU Öğr. Gör., Muhammet DEMİRBAŞ Doç. Dr., Serhat DUMAN Arş. Gör., Yunus BALCI		DIFFERENT ORDER MODELS AND THE EFFECTS OF SECONDARY VOLTAGE CONTROL ON TRANSIENT STABILITY IN POWER SYSTEMS	
Dr. Öğ. Üyesi F. Dilek HİMMAM ER Prof. Ender YAZGAN BULGUN Prof. Elvan ÖZKAVRUK ADANIR Öğ. Gör. Elif TEKCAN Öğ. Gör. Melis BALOĞLU Ar. Gör. Filiz ÖZBENGİ USLU		BİTKİLERDEN ELDE EDİLEN BOYARMADDE VE MÜREKKEPLERİN TEKSTİL VE BİYOMALZEMELERİN RENKLENDİRİLMESİNDE KULLANILMASI	
Oguzhan KESMEZ Serhat Cem SEN Sebnem Imge KARAGOZ Sahin GUNGOR		A case study on energy consumption of the extended duct, loop duct and radial duct ventilation networks satisfying indoor air quality needs	
Samira JALALI Doç. Dr. Sezgin AYGÜN		SİCİM BULUTU MADDE DAĞILIMININ $f(Q)$ KÜTLEÇEKİM TEORİSİNDE ARAŞTIRILMASI	
Samira JALALI Doç. Dr. Sezgin AYGÜN		$f(Q)$ VE GENEL RÖLATİVİTE KÜTLEÇEKİM TEORİLERİNDE RUBAN EVREN MODELİ ÇÖZÜMLERİ	
Dr. Öğr. Üyesi, Arife ATAY		TOPOLOJİK UZAYLARIN AYRIK BİRLEŞİMİ	
Asst. Prof., Ercan Serif KAYA		NUMERICAL MODELING APPROACH OF A TROMBE WALL USING FEM	

AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES

APRIL 1 – 2, 2023
ADANA



01. 04. 2023

14: 00 – 16:00

Meeting ID: 895 8393 9448

Passcode: 12042

HALL: 3 SESSION: 2

MODERATOR: Assoc. Prof. Dr. Şahin EFİL

K.R.Padma

K.R.Don

B. Kishori

P.Josthna

The Leading Women Entrepreneurs in India: Perspectives on Issues, Opportunities, and Development

Irina BELUKHINA

Dr. Vaiva BALCIUNIENE

THE PILOT STUDY: BODY MASS INDEX, BODY WEIGHT PERCEPTION, AND LEISURE TIME PHYSICAL ACTIVITY AMONG LITHUANIAN STUDENTS

ABDULLAEVA SHAHLA

ABDULLAEVA SHAHLA

DISEASES AND PESTS OF GRAPES IN THE CONDITIONS OF AZERBAIJAN

Dr. Öğr. Üyesi Abdullah
SARMAN

Dr. Öğr. Üyesi Suat TUNCAY

DETERMINATION OF NURSING STUDENTS' KNOWLEDGE LEVELS RELATED TO PEDIATRIC PAIN ASSESSMENT SCALES AND THEIR ATTITUDES TOWARDS PAIN ASSESSMENT: A CROSS-SECTIONAL, COMPARATIVE STUDY

Dr. Öğr. Üyesi Abdullah
SARMAN

THE EFFECT OF PREVENTIVE NURSING INTERVENTIONS ON POST-TRAUMATIC STRESS DISORDER SYMPTOMS IN REFUGEE CHILDREN

Hakan YÜKSEL

Miray TUNCEL

YAPAY ZEKA DESTEKLİ İNSAN STRES TESPİTİ: K-NN, RFE VE MAKİNE ÖĞRENİMİ YÖNTEMLERİ İLE STRES SEVİYESİ TAHMİNİ

Hakan YÜKSEL

Miray TUNCEL

STRES ÇALIŞMALARI: BİR SİSTEMATİK LİTERATÜR TARAMASI

Assoc. Prof. Dr. Şahin EFİL

THE PROBLEM OF ALIENATION IN CLINICAL MEDICINE

AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES

APRIL 1 – 2, 2023
ADANA



01. 04. 2023

14: 00 – 16:00

Meeting ID: 895 8393 9448

Passcode: 12042

HALL: 4 SESSION: 2

MODERATOR: Doç. Dr., Emre ÖZŞAHİN

Yüksek Lisans Öğrencisi Merve KAVUT
Prof.Dr. Raziye ÖZTÜRK ÜREK

INVESTIGATION OF THE PRODUCTION OF PHYCOCYANIN BY MIXOTROPHIC CULTIVATION

Handan Çöl ZEYNEPLİ
Prof. Dr. Hikmet Yeter ÇOĞUN

AĞIR METALLERLE KİRLENMİŞ EKOSİSTEMLERİN KİRLİLİK GİDERİMİNDE BİYOTEKNOLOJİK GELİŞMELER

Handan Çöl ZEYNEPLİ
Prof. Dr. Hikmet Yeter ÇOĞUN

AKUT ÇİNKO OKSİT NANOPARTİKÜL (Zn NP) ETKİSİNDE TATLI SU BALIĞI (Oreochromis niloticus) KAN OSMOREGÜLASYONU ÜZERİNE ETKİSİ

Dr. Mustafa DAĞ
Dr. Zehra Gülten YALÇIN
Dr. Ercan AYDOĞMUŞ

OBTAINING WASTE ROCK WOOL REINFORCED EPOXY COMPOSITE AND DETERMINING ITS THERMOPHYSICAL PROPERTIES

Arş. Gör. Ulviye KARACALAR
Prof. Dr. Erkan CAN

EFFECTS OF EUCALYPTUS (Eucalyptus globulus) AND CAMPHOR (Cinnamomum camphora) ESSENTIAL OILS USED AS DIETARY SUPPLEMENTS ON GROWTH PERFORMANCE, HEMATOLOGY, SERUM BIOCHEMICAL AND ANTIOXIDANT PARAMETERS IN FARMED Sparus Aurata FISH

Doç. Dr. Mahmut İSLAMOĞLU

DEPREMLERİN TARIM SEKTÖRÜNE OLAN OLASI ETKİLERİ

Doç. Dr. Mahmut İSLAMOĞLU

BÖCEKLERDE HAYATTA KALMA STRATEJİLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Meltem AVAN

MİKROBİYAL SÜRFİKTANLARIN (BİYOSÜRFİKTANLARIN) TARIMDA KULLANIMI

Dr. Öğr. Üyesi Meltem AVAN

BİTKİ HASTALIĞINA KARŞI DİRENÇ GENLERİ

Doç. Dr., Emre ÖZŞAHİN
Yüksek Lisans öğrencisi, Mikayil ÖZTÜRK

TR21 TRAKYA BÖLGESİ (TÜRKİYE) İÇİN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN SEBEP OLDUĞU DENİZ SEVİYESİ YÜKSELMESİ VE ETKİLERİ

Doç. Dr., Emre ÖZŞAHİN

CBS VE UA ALGILAMA TEKNİKLERİ KULLANILARAK TARIM ALANLARINDA DRENAJ PROBLEMİNİN GÖRÜLDÜĞÜ SAHALARIN BELİRLENMESİ VE HARİTALANMASI

Dr. Öğr. Üyesi Hülya SİLAH

ERIOCHROME BLACK T BOYASININ GİDERİMİNDE YÜZEY AKTİF MADDELER İLE MODİFİYE EDİLMİŞ FİLTRE KAHVE ATIĞININ KULLANILMASI

AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
APRIL 1 – 2, 2023
ADANA



01. 04. 2023		14: 30 – 16:30
Meeting ID: 895 8393 9448		Passcode: 12042
HALL: 5 SESSION: 2		MODERATOR:
YUNOS ZAHRI AB HAMID R. SUSANTY AHMAD MUSTAFFA	CYBER SECURITY SITUATIONAL AWARENESS AMONG STUDENTS: A CASE STUDY IN MALAYSIA	
A. BOUABID B. BIELENBERG S. AINANE N. PASHA	LEARNING OUTCOMES ALIGNMENT ACROSS ENGINEERING CORE COURSES	
CHRISTINE K. FULMER	PROPOSING PROBLEM-BASED LEARNING AS AN EFFECTIVE PEDAGOGICAL TECHNIQUE FOR SOCIAL WORK EDUCATION	
RIAM ABU-MUCH MUHAMAD HUGERAT	LAB ACTIVITIES FOR INTRODUCING NANOSCIENCE TO TEACHERS AND STUDENTS	
NAGORE GUERRA BILBAO CLEMENTE LOBATO FRAILE	ELABORATION AND VALIDATION OF A SURVEY ABOUT RESEARCH ON THE CHARACTERISTICS OF MENTORING OF UNIVERSITY PROFESSORS' LIFELONG LEARNING	
ABDUL HALIM ABDULLAH NUR LIYANA ZAINAL ABIDIN MAHANI MOKHTAR	USING THINKING BLOCKS TO ENCOURAGE THE USE OF HIGHER ORDER THINKING SKILLS AMONG STUDENTS WHEN SOLVING PROBLEMS ON FRACTIONS	
FAHAD SULEIMAN	STUDENTS' VIEWS ON MATHEMATICS LEARNING: A CROSS-SECTIONAL SURVEY OF SENIOR SECONDARY SCHOOLS STUDENTS IN KATSINA STATE OF NIGERIA	
SANDHYA DIXIT TILAK RAJ	A TISM MODEL FOR STRUCTURING THE PRODUCTIVITY ELEMENTS OF FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEM	
NAMEESH MIGLANI RAJEEV SAHA R. S. PARIHAR	A GRAPH THEORETIC APPROACH FOR QUANTITATIVE EVALUATION OF NAAC ACCREDITATION CRITERIA FOR THE INDIAN UNIVERSITY	
Amir Hadi Ziaie	NON-SINGULAR GRAVITATIONAL COLLAPSE OF A HOMOGENEOUS SCALAR FIELD IN DEFORMED PHASE SPACE	

AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
APRIL 1 – 2, 2023
ADANA



01. 04. 2023

14: 30 – 16:30

Meeting ID: 895 8393 9448

Passcode: 12042

HALL: 6 SESSION: 2

MODERATOR: ABDUL AMIR HAZBAVI

AZIZEH CHALAK
NILOUFAR NASRI

The Interplay of Locus of Control, Academic Achievement, and Biological Variables among Iranian Online EFL Learners

ABDUL AMIR HAZBAVI

Perception and Implementation of Machine Translation Applications by the Iranian English Translators

DIVYA SHARMA

True Detective as a Southern Gothic: A Study of Its Music-Lyrics

MOHAMMED S. ASSIRI

Development of a Rating Scale for Elementary EFL Writing

ASMA ALYAHYA

Dialogue Journals as an EFL Learning Strategy in the Preparatory Year Program: Learners' Attitudes and Perceptions

KURALAY
KENZHEKANOVA
AKMARAL
DALELBEKKYZY

Myth in Political Discourse as a Form of Linguistic Consciousness

IVANA ŠIMONOVÁ

Students' Knowledge, or Random Choice in ESP?

SAEEDAH SHAFIEE
NAHRKHALAJI

EFL Teachers' Metacognitive Awareness as a Predictor of Their Professional Success

HOSSEIN AHMADI,
OGHOLGOL NAZARI

Grading and Sequencing Tasks in Task-Based Syllabus: A Critical Look at Criterion Selection

HANAN YOUSEF
NISREEN NAJI AL-
KHAWALDEH

The Impact of Gender Differences on the Expressions of Refusal in Jordanian Arabic

AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
APRIL 1 – 2, 2023
ADANA



01. 04. 2023		14: 30 – 16:30	
Meeting ID: 895 8393 9448		Passcode: 12042	
HALL: 7	SESSION: 2	MODERATOR: MOHD SANI MADON	
RUSYAIZILA RAMLI NASRIAH ZAKARIA PUTRA SUMARI	Privacy Issues in Pervasive Healthcare Monitoring System: A Review		
S.S.MOHANAVALLI SHEILA ANAND	Security Architecture for At-Home Medical Care Using Sensor Network		
SALAMA MEGHRICHE AMER DRAA MOHAMMED BOULEMDEN	On The Analysis of a Compound Neural Network for Detecting Atrio Ventricular Heart Block (AVB) in an ECG Signal		
K. BUSKO	Changes of Power-Velocity Relationship in Female Volleyball Players during an Annual Training Cycle		
AHMAD HASHIM MOHD SANI MADON	Objectivity, Reliability and Validity of the 90° Push-Ups Test Protocol Among Male and Female Students of Sports Science Program		
DIKE H. OGBUAGU ETSEDE J. ORITSEMATOSAN	Inductions of CaC2 on Sperm Morphology and Viability of the Albino Mice (Mus musculus)		
AMR A. FOUAD HAMED A. ALWADAANI IYAD JRESAT	Protective Effect of Thymoquinone against Nephrotoxicity Induced by Cadmium in Rats		
LEBARI B. GBOELOH	Occurrence of Adult Taenia saginata in Cattle Slaughtered in Major Abattoirs in Port Harcourt Metropolis, Nigeria		
SAMAD LOTFOLLAHZADEH	Clinical Signs of Neonatal Calves in Experimental Colisepticemia		
IBRAHIM MOHAMMED SAEED SHNAWA	Tuberculin, Tetanus Immunoglobulin and DPT Vaccine as an Avian in vivo T- Lymphocyte Mitogens		

AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
APRIL 1 – 2, 2023
ADANA



01. 04. 2023 **14: 30 – 16:30**
Meeting ID: 895 8393 9448 **Passcode: 12042**

HALL: 8 SESSION: 2 **MODERATOR: Dr. MANISH GUPTA**

MUHAMMAD YASIR WADOOD FATEMEH BABAEIAN	A Compact Via-less Ultra-Wideband Microstrip Filter by Utilizing Open-Circuit Quarter Wavelength Stubs
MUHAMMAD IRFAN AZIZ THOMAS OWENS UZAIR KHALEEQ UZ ZAMAN	Received Signal Strength Indicator Based Localization of Bluetooth Devices Using Trilateration: An Improved Method for the Visually Impaired People
MOHAMED SANAD NOHA HASSAN	12x12 MIMO Terminal Antennas Covering the Whole LTE and WiFi Spectrum
SANJEEV KUMAR	Development of Maintenance Schedule and Root Cause Analysis Based on Computerized Maintenance Management System for a Fertilizer Plant
NOUREDDINE SEDDARI MOHAMED BELAOUED SALAH BOUGUEROUA	Agent/Group/Role Organizational Model to Simulate an Industrial Control System
NADER A. AL THEEB ZAID ABU MANNEH IBRAHIM AL-QADI	Optimizing Logistics for Courier Organizations with Considerations of Congestions and Pickups: A Courier Delivery System in Amman as Case Study
MANISH GUPTA	Revised Technology Acceptance Model Framework for M-Commerce Adoption
MAJID AMIDPOUR PARISA KARIMI MARZIEH JODA	Energy Loss Reduction in Oil Refineries through Flare Gas Recovery Approaches
MEENA MARAFI MOHAN S. RANA	Refining Waste Spent Hydroprocessing Catalyst and Their Metal Recovery
FRANCO FRATTOLILLO	A Web Oriented Spread Spectrum Watermarking Procedure for MPEG-2 Videos

AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
APRIL 1 – 2, 2023
ADANA



01. 04. 2023		14: 30 – 16:30	
Meeting ID: 895 8393 9448		Passcode: 12042	
HALL: 9	SESSION: 2	MODERATOR:	FAROOGH KHAKZAD
MAZENİ ISMAIL NURUL ALIAH HASMADI HASSAN	Developing Islamic Module Project for Preschool Teachers Using Modified Delphi Technique		
LEE BIH NI NURUL ASYIKIN BINTI HASSAN	The Use of Mnemonic and Mathematical Mnemonic Method in Improving Historical Understanding		
M. NADEEM S. NASIR K. A. MOAZZAM R. KASHIF	The Impact of Information and Communication Technology in Education: Opportunities and Challenges		
ALI RASHASH ALZAHRA ELIZABETH STOJANOVSKI	Multivariate Assessment of Mathematics Test Scores of Students in Qatar		
FISEHA M. GUANGUL, ANNISSA MUHAMMED, AJA O. CHIKERE	Improving Students' Participation in Group Tasks: Case Study of Adama Science and Technology University		
MAJID A. ALSAYARI	A Social Cognitive Investigation in the Context of Vocational Training Performance of People with Disabilities		
HUDA S. AL-AZMI	Developing an Instrument to Measure Teachers' Self-Efficacy of Teaching Innovation Skills		
NABIL SULTAN	Innovating and Disrupting Higher Education: The Evolution of Massive Open Online Courses		
RANYA ELKHAYAT	The Capabilities Approach as a Future Alternative to Neoliberal Higher Education in the MENA Region		
FAROOGH KHAKZAD MARZIEH DEGHANI ÜELAHE HEJAZI	Investigation of the Effect of Teaching a Thinking and Research Lesson by Cooperative and Traditional Methods on the Creativity of Sixth Grade Students		
BABAK SHAMSHIRI NAJME DASTOURI	Report of Happiness in the Iranian Educational System: A Qualitative Research		

AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCES
AKDENİZ 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES

APRIL 1 – 2, 2023
ADANA



01. 04. 2023

14: 30 – 16:30

Meeting ID: 895 8393 9448

Passcode: 12042

18. ULUSLARARASI KARMA SERGİ		MODERATOR:	Prof. Dr. Yüksel GÖĞEBAKAN
Dr. Öğr. Üyesi Erdem ÇAĞLA	Sun		
Dr. Öğretim Üyesi Müzeyyen AYGÜN	Öze Dönüş		
Doç. Ayşegül türk	“Dekonstrüksiyonun Doğası”		
Doç.Dr. Mine ERDEM KÖROĞLU	Mavi Beyaz Pano		
Öğretim Görevlisi Gül Coşkun	Afetin Haritası		
Öğr. Gör. Esra OK ZÖHRA	Geçmişin İzleri		
Öğr. Gör. Emel ÇENET	İsimsiz		
Doç.Serap IŞIKHAN	Derin/Deep		
Metin Kar	geçiş/transition		
Arş. Gör. Hatice Elver	Sonsuzluk		
Öğr.Gör. Serdar KORKMAZ	ÇİNİDEN AHŞABA		
Öğr.Gör. Serdar KORKMAZ	BASİTTEN SANATA		
Doç.Dr. Eşref AKMEŞE	Bekleyiş/Waiting		
Doç.Dr. Eşref AKMEŞE	Tarih/ History		
Öğr. Gör. Dr. Ali YAŞAR	Miras / Heritage		
Doç. Dr. Nermin ÖZCAN ÖZER	Gökkubbede...		
Prof. Dr. Yüksel GÖĞEBAKAN	8 nokta 7		
HAMİDE SOYSAL DEMİRCİ	Yeksan		
Doç. Dr. Hatice TOZUN	Tekstil&Tekstil-1		
Doç.Dr. Sehran Dilmaç	uyku 1		
Doç.Dr. Sehran Dilmaç	uyku 2		

Contents

NESNELERİN İNTERNETİ İLE RASPBERRY PI TABANLI SU KUYULARINDAKİ SU POMPASI MOTORLARININ İZLENMESİ VE KONTROLÜ	1
NEMLİ VE KIŞ MEVSİMLERİNDE KULLANILABİLECEK TAŞINABİLİR HIZLI ÇAMAŞIR KURUTMA ASKI APARATI	8
LİF KESİT ŞEKLİ VE FİLAMANT SAYISI DEĞİŞTİRİLMİŞ POLYESTER 2D DOKUMA ZEMİN KAPLAMALARININ MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN MULTİ EKSENLİ GRAFİK YÖNTEMİ İLE ANALİZİ	13
FARKLI DERECE MODELLERİ VE SEKONDER GERİLİM KONTROLÜNÜN GÜÇ SİSTEMLERİNDE GEÇİCİ KARARLILIK ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ	26
OGR SİSTEMİ İÇİN PID ² DENETLEYİCİ PARAMETRELERİNİN dFDB-MRFO ALGORİTMASI İLE BELİRLENMESİ	35
BİTKİLERDEN ELDE EDİLEN BOYAR MADDE VE MÜREKKEPLERİN TEKSTİL VE BİYOMALZEMELERİN RENKLENDİRİLMESİNDE KULLANILMASI	46
A CASE STUDY ON ENERGY CONSUMPTION OF THE EXTENDED DUCT, LOOP DUCT AND RADIAL DUCT VENTILATION NETWORKS SATISFYING INDOOR AIR QUALITY NEEDS	57
SİCİM BULUTU MADDE DAĞILIMININ $f(Q)$ KÜTLEÇEKİM TEORİSİNDE ARAŞTIRILMASI	73
$f(Q)$ VE GE-NEL RÖLATİVİTE KÜTLEÇEKİM TEORİLERİNDE RUBAN EVREN MODELİ ÇÖZÜMLERİ	82
TOPOLOJİK UZAYLARIN AYRIK BİRLEŞİMİ	90
NUMERICAL MODELING APPROACH OF A TROMBE WALL USING FEM	97
БОЛЕЗНИ И ВРЕДИТЕЛИ ВИНОГРАДА В УСЛОВИЯХ АЗЕРБАЙДЖАНА	103
MÜLTECİ ÇOCUKLARDA TRAVMA SONRASI STRES BOZUKLUĞU BELİRTİLERİ İLE ÖNLEYİCİ HEMŞİRELİK GİRİŞİMLERİNİN ETKİSİ	108
STRES ÇALIŞMALARI: BİR SİSTEMATİK LİTERATÜR TARAMASI	118
YAPAY ZEKA DESTEKLİ İNSAN STRES TESPİTİ: K-NN, RFE VE MAKİNE ÖĞRENİMİ YÖNTEMLERİ İLE STRES SEVİYESİ TAHMİNİ	129
KLİNİK TIPTA YABANCILAŞMA SORUNU	137
FİKOSİYANİN ÜRETİMİNİN MİKİSOTROFİK KÜLTİVASYONLA İNCELENMESİ	146
AĞIR METALLERLE KİRLENMİŞ EKOSİSTEMLERİN KİRLİLİK GİDERİMİNDE BİYOTEKNOLOJİK GELİŞMELER	157
AKUT ÇİNKO OKSİT NANOPARTİKÜL (Zn NP) ETKİSİNDE TATLI SU BALIĞI (<i>Oreochromis niloticus</i>) KAN OSMOREGÜLASYONU ÜZERİNE ETKİSİ	161
OBTAINING WASTE ROCKWOOL REINFORCED EPOXY COMPOSITE AND DETERMINING ITS THERMOPHYSICAL PROPERTIES	167
DEPREMLERİN TARIM SEKTÖRÜNE OLAN OLASI ETKİLERİ	178
BÖCEKLERDE HAYATTA KALMA STRATEJİLERİ	186
MİKROBİYAL SÜRFİKTANLARIN (BİYOSÜRFİKTANLARIN) TARIMDA KULLANIMI	194
BİTKİ HASTALIKLARINA KARŞI DİRENÇ GENLERİ	205
CBS VE UA TEKNİKLERİ KULLANILARAK TARIM ALANLARINDA DRENAJ PROBLEMİNİN GÖRÜLDÜĞÜ SAHALARIN BELİRLENMESİ VE HARİTALANMASI	218

TR21 TRAKYA BÖLGESİ (TÜRKİYE) İÇİN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN SEBEP OLDUĞU DENİZ SEVİYESİ YÜKSELMESİ VE ETKİLERİ	226
---	-----

NESNELERİN İNTERNETİ İLE RASPBERRY PI TABANLI SU KUYULARINDAKİ SU POMPASI MOTORLARININ İZLENMESİ VE KONTROLÜ

Harun ŞENTÜRK

Özel MOSB Mesleki ve Teknik Ana. Lis., - 0000-0001-5680-4057

Doç. Dr. Hayati MAMUR

Manisa Celal Bayar Üniversitesi, - 0000-0001-7555-5826

ÖZET

Bazı endüstriyel alanlarda bölgenin su ihtiyacını karşılamak için su kuyuları açılmaktadır. Bu su kuyularından su pompalarında bulunan asenkron motorlar tarafından çekilen sular su depolarında rezerv edilerek fabrikaların su ihtiyacı karşılanmakta ve bir nevi su regülasyonu gerçekleştirilmektedir. Bu su kuyularından suyun çekilmesinde kullanılan su pompası motorlarının kontrol edilmesi için genelde programlanabilir lojik denetleyiciler (PLC) veya röleli kontrol devreleri kullanılmaktadır. Bu PLC'ler bir röleyi çalıştırmakta ve röle de su pompası motorunu kumanda eden kontaktörü çalıştırarak su pompası motoruna yol vermektedir. Röleli kumanda ise röle sistemi, doğrudan su pompası motorunun kontaktörünü çalıştırıp durdurarak motora yol vermektedir. Depolanan suyun depo durumunun izlenmesinde ise yine PLC'li yönetici kontrol ve veri elde edinim sistemleri kullanılabilir. Bu çalışmada, bir endüstriyel bölgedeki dört adet su kuyusunda bulunan dört adet büyük güçlü su pompası motorlarının kumandası için Raspberry Pi tabanlı nesnelerin interneti (IoT) ile bir kumanda sistemi geliştirilmiştir. Bu su depoları farklı alanlarda bulunduğu için sistemde dört farklı Raspberry Pi kullanılmıştır. Bunların internet ile bağlantılarının sağlanması için dört adet modem cihazı sisteme takılmıştır. Böylece su pompası motorlarının çalışma ve durma durumları InfluxDB bulut ağına aktarılmıştır. Bu veriler Grafana programında arayüz tasarımı ile görselleştirilmiştir. Sonuçta IoT tabanlı bir sistem oluşturulmuştur. Bu arayüze konulan butonlar yardımıyla su pompası motorlarının çalıştırılıp durdurulması Grafana arayüzü şifresine sahip olan teknisyenler tarafından internetin olduğu herhangi bir noktadan yapılabilmektedir. Bu IoT sistemi sayesinde su motoru pompalarının kumandası hem yerinden hem de internetten gerçekleştirilebilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Nesnelerin interneti, IoT, Raspberry Pi, su pompası motoru, InfluxDB.

1. GİRİŞ

Su, endüstriyel alanlardaki fabrikalar ve diğer kurumlar için hatta insanlık için vazgeçilmez bir kaynaktır. Bunun tasarruflu kullanımı ve ihtiyaç dahilinde ulaşılması oldukça önemlidir. Bu nedenle bazı firmalar ve fabrikalar izinler alarak su kuyuları açmaktadırlar. Buralardaki suları rezerv etmek için büyük güçlü su pompa motorları kullanılmaktadır [1]. Bu su pompası motorları suyu büyük boyutlardaki su depolarına rezerv ederek su regülasyonunun yapılmasına katkıda bulunmaktadırlar [2].

Su pompası motorları arasında en yaygın kullanılanı asenkron motorlardır. Asenkron motorlar bir fazlı ve üç fazlı olarak imal edilirler. Stator ve rotordan oluşan asenkron motorların çalıştırılması için motor tipine bağlı olarak sistemde yalnızca üç fazın veya bir fazın bulunması yeterlidir. Fazla parçalarının olmaması ve az arıza yapmaları gibi avantajlarından dolayı endüstride en yaygın kullanılan motor türüdür [3].

Asenkron motorlar ilk çalışmaya başladığında yüksek akım çekerler. Bunun azaltılması için çeşitli kontrol mekanizmaları kullanılır. Bu mekanizmalardan en yaygını yıldız/üçgen yol vermedir. Bu yol verme türü röleler ve kontaktörler kullanılarak yapılır. Rölelerin çalıştırılması için programlanabilir lojik denetleyiciler (PLC) yaygın olarak kullanılır. Bu PLC'ler röleyi kontrol ederler röleler de büyük güçlü elemanlar olan kontaktörleri çalıştırır.

PLC'lerden verileri internet ortamına aktarmak için yönetici kontrol ve veri edinim sistemleri (SCADA) kullanılır. SCADA sisteminde çalışan proseslerin bir arayüzü oluşturularak verilerdeki değişimler izlenir ve gerekli kontroller yapılabilir.

Günümüzde mikrodenetleyicilerdeki (MCU) gelişmeler oldukça baş döndürücü niteliktedir ve fiyatları oldukça makul düzeydedir. Bunların endüstrideki küçük sistemler ve küçük elektrikli ev aletlerinde kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır [4]. Ayrıca internetteki bir bulut ağına veri gönderme niteliklerinin gelişmesi ile birlikte bu ev aletleri ve sistemler internetten kontrol edilmeye başlanmış ve Endüstri 4.0'ın kapısını aralamıştır [5].

Küçük sistemlerdeki veriler sensörler yardımıyla alınmakta ve bu veriler MCU'lara taşınmaktadır. MCU'larda yazılan algoritma ile bu veriler değerlendirilmekte ve aktüatörlere kontrol sinyalleri gönderilmektedir. Ayrıca bu veriler wi-fi yolu ile internet bulut ağına aktarılmakta ve burada veri görselleştirici programlarla arayüzden izlenebilmektedir. Bu izleme ile birlikte sistemlere kontrol sinyalleri iletebilmektedir. Böylece internetten kontrol edilebilen cihazlar geliştirilmektedir. Bu durum günümüzde nesnelerin interneti (IoT) kavramı ile ifade edilmektedir [6]. Bunlara ek olarak makine öğrenme (ML) algoritmaları ile bu cihazları kullananlara uyarı mesajları gönderilmektedir [7].

IoT teknolojileri ile hemen hemen her cihazın çalışma bilgileri ve verileri internet ortamına taşınarak büyük veri tabanları oluşturulmuştur. Böylece bu veri tabanlarındaki veriler bir sistemin davranışı hakkında bilgi edinilmesi ve bundan sonraki davranışlarında bir çıkarımda bulunabilmesi gerçekleştirilebilmektedir [8]. Böylece ML algoritmaları ile sistemin ne zaman arıza yapabileceği ve ne zaman bakıma ihtiyaç duyabileceği bilgileri kullanıcılara iletilerek akıllı sistemler ortaya çıkarılmaktadır.

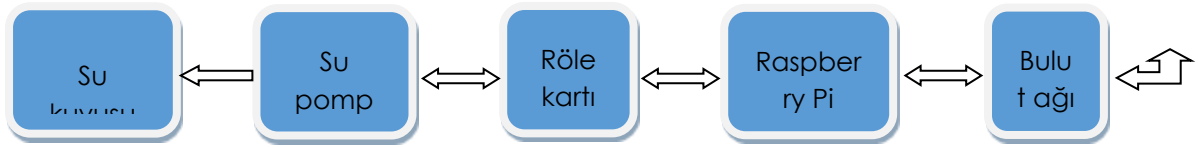
Literatürde IoT ile pek çok sistemin bilgilerinin internete taşındığını ve buradan kontrollerinin gerçekleştirildiğini görmek mümkündür. López-Vargas ve ark. [9] ücretsiz yazılım ve

donanıma dayalı yeni bir veri kaydedici tasarlamışlar ve bir sistemde kullanmışlardır. IoT sistemlerini fotovoltaiik sistemlerin uzaktan izlenmesi için değerlendirmişlerdir. Sistemlerinin sağlamlığının kontrolünü on iki ay boyunca zorlu hava şartlarında kontrol etmişlerdir. Durani ve ark. [10] bir akıllı otomatik ev uygulaması yaparak fan, klima, su pompası ve su bahçesini NodeMCU ESP8266 cihazı yardımıyla kablosuz olarak izlenmesini ve App Blynk kullanılarak kontrol edilmesini yapmışlardır. İhtiyaca göre sistemlerine bağlanacak cihaz sayısının sekize kadar artırılabilceğine vurgu yapmışlardır. Omran ve ark. [11] ev aletlerinin uzak mesafelerden kontrolünün cep telefonu veya kişisel bir bilgisayar ile yapılması için güvenli ve enerji açısından verimli bir wi-fi iletişim tabanlı akıllı ev sistemi geliştirmişlerdir. Sistemlerinin kontrolcüsü olarak Raspberry Pi 3 Model B+ ve Arduino Mega 2560 kullanmışlardır. Sistemlerinde değişkenlerin algılanması için gerilim, akım, nem, sıcaklık, alev, duman, gaz ve konum sensörleri kullanmışlardır. Ayrıca hem Android hem de IOS için Blynk uygulaması ile mobil izleme ve kontrol yapabilmışlardır. Fatima ve ark. [12] Endüstri 4.0'ın temel amacının insan operatörlerinin katılımını azaltmak ve otomasyon sistemlerini öne çıkartmak olduğunu vurguladıktan sonra Endüstri 5.0 ile insan-makine etkileşimi dengesinin korunduğunu ve maksimum fayda sağlandığını belirtmişlerdir.

Endüstriyel alanlardaki farikaların su teminlerinin yapılması, onların her an su ihtiyaçlarının karşılanması ve su regülasyonu için bazı endüstriyel bölgelerdeki yönetimler su kuyuları açmakta ve buradan aldıkları suları büyük su depolarında rezerv etmektedirler. Bu çalışmada, böyle bir endüstri bölgesinde bulunan dört adet 110 kW'lık su pompası asenkron motorlarının uzaktan kontrolleri Raspberry Pi tabanlı bir IoT sistemi ile gerçekleştirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Tasarlanan ve gerçekleştirilen IoT ile Raspberry Pi tabanlı dört adet su kuyusundaki su pompası motorlarının izlenmesi ve kontrolü sisteminin blok şeması Görsel 1'de verilmiştir.



Görsel 1. Tasarlanan sistemin blok şeması

110 kW'lık su pompası motorları ile su kuyularındaki su, büyük boyutlu rezerv depolara aktarılmıştır. Bu sistem daha önceden kurulmuş bir sistemdir. Su pompa motorlarının kontrolleri daha önceden yalnızca motorların bulunduğu ortamdaki kontrolörlerle yapılırken gerçekleştirilen bu sistem ile IoT ile kontrol edilen röle kartları ile de yapılabilmektedir. Röle kartlarının kontrol komutları bir panodan veya Raspberry Pi kartından gelmiştir. Sisteme bir modem cihazı konularak Raspberry Pi kartının haberleşmesi sağlanmıştır. Bulut ağı ile Raspberry Pi kartı haberleşerek sistemin tüm verileri InfluxDB'ye iletilmiştir. Grafana yazılımı ile sistemin arayüzü oluşturulmuştur. Grafana arayüzünden gelen komutlar ile motorlar kontrol edilebilmiştir.

2.1. Materyal

Sistemde kullanılan gömülü sistem birimi Raspberry Pi kartıdır. Bu kart ile bir bilgisayarın yapabildiği hemen hemen pek çok işlem yapılabilir. Bu karta monitör, klavye ve ethernet gibi harici elemanların takılması mümkündür. Raspberry Pi kartının pinlerine gelen verilerin dijital olması gerekir ve 3,3 V ile lojik seviyesi düzenlenir. Raspberry Pi gömülü sistem kartlarının modelleri de bulunmaktadır. Yapılan sistemde her bir su kuyusu için dört adet Raspberry Pi 3 gömülü sistem kartı kullanılmıştır ve özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Raspberry Pi 3 teknik özellikleri

Özellik	Değer
İşlemci	1.2 GHz 4 çekirdekli 64-bit ARM Cortex-A53
Bellek	1 GB LPDDR2
Wi-Fi	Dahili 802.11b/g/n destekli
Buetooth	4.1 düşük enerji destekli
Ethernet	10/100 Mbit destekli
Pin sayısı	40 adet GPIO pin

Sistemdeki dört adet Raspberry Pi 3 kartı verilerinin bulut ağına aktarılması için InfluxDB veri tabanı kullanılmıştır. Bu veri tabanına ücretsiz bir erişim sağlanabilmektedir. Buradaki verilerin işlenmesi ve görselleştirilmesi için yine ücretsiz bir şekilde erişim sağlanabilen Grafana yazılımı tercih edilmiştir. Grafana arayüzü ile sistem grafikleştirilmiş ve motor başlatma durdurma verileri bu arayüze konulan butonlar yardımıyla gönderilebilmiştir.

Raspberry Pi 3 kartının kontrol sinyalleri tasarlanan röle kartı ile daha önceden yapılmış olan ve 110 kW’lık motorları yıldız/üçgen çalıştıran kontrol panosuna iletilmiştir. Röle kartında dört adet Tainbo marka HJR-3FF-S-Z model röleler kullanılmıştır. Bu röleler bir ortak uç ile bir kapalı ve bir açık kontağa sahiptir. Her bir su kuyusunda olmak üzere toplamda dört adet röle kartı üretilmiştir. Röle kartı Raspberry Pi 3 kartının üzerine montajlanabilecek şekilde pin yapısına sahip olarak tasarlanmış ve üretilmiştir.

Su pompası kontrol panosu her bir su kuyusunun olduğu yerde daha önceden imal edilmiş bir şekilde bulunmaktadır. Bu panolar şalter, sigorta, başlatma butonu, durdurma butonu, kontaktörler gibi elemanlara sahiptir. Su pompası 110 kW’lık asenkron motorlarının çalıştırılması için yıldız/üçgen bağlantılara sahiptir.

2.2. Metot

Su pompası motorları için Görsel 2’deki Grafana arayüzünde dört adet başlatma durdurma butonu kullanılmıştır. Bu su pompası motorları için kuyu1, kuyu2, kuyu3 ve kuyu4 ifadelerine yer verilmiştir. Dikkat edilirse bu arayüzde pek çok enstrümanın eklenebilmesinin mümkün olduğu görülür. Bu arayüz InfluxDB’nin verilerini görselleştirmiştir. Raspberry Pi 3 kartına giren her bir aktüatörün simgeleri yerleştirilebilir. Böylece bu sistemin esnekliği görülmüş olur.



GörSEL 2. Grafana su pompası motorları başlatma durdurma butonları

Her bir röle kartında dört adet röle kullanılmıştır. Bu röleler bir açık ve bir kapalı kontağa sahiptir. Bunlar bir ortak uçtan çalışmaktadırlar. Kartta röleler çalıştığında ışık yayan diyotlar (LED) ile bildirim yapılmıştır. Raspberry Pi 3 ve rölelerin birbirinden yalıtılması için PC817 optik izolatörleri kullanılmıştır. Röle bobinlerinin çalıştırılması MMBT3904 NPN tipi transistörlerle yapılmıştır. Röleler kapandığında oluşan zıt elektromotor kuvvetin bastırılması için 1N4148WS-7 bypass diyotlarına yer verilmiştir.

Röle kontaklarının ortak ucuna 220 V AC bağlanmıştır. Açık uç başlatma butonuna paralel bağlanmıştır. Bu 220 V AC röle çalıştığı zaman açık kontağı ile bir başlatma butonu gibi davranarak 110 kW su pompası motorlarını çalıştıran kontaktörler yol vermiştir. Diğer kapalı kontağı da durdurma gibi davranarak sistemin kapatılması motorların durdurulması için kullanılmıştır.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Grafana arayüzünden su pompası motorlarına gönderilen başlatma ve durdurma bilgileri InfluxDB bulut sistemi ve wi-fi haberleşmesi ile Raspberry Pi 3 gömülü sistem kartlarına başarılı bir şekilde ulaştırılabilmektedir. Bu veri tabanından gelen veriler sayesinde su pompası motorlarının ne zaman çalıştırıldığı ve ne zaman durdurulduğu bilgilerinin izlenmesinde büyük bir kolaylık olmuştur. Ayrıca Grafana arayüzü parolasına sahip olan kullanıcılar internet erişiminin olduğu bir noktadan kolaylıkla motorlara başlatma ve durdurma olarak müdahale edebilmiştir.

Su pompa motorlarını çalıştıran röle kartına ilave bir rölenin konulması ile sistemde herhangi bir arıza durumunda yeni bir röle kartı getirilene kadar sistemin yeden röleden çalıştırılması kolaylığı sağlanmıştır. Operatör su pompa motorlarının bulunduğu noktadan başlatma ve durdurma verdiğinde bu bilgiler Raspberry Pi 3'ün genel amaçlı pinlerine Lojik 1 olarak iletilmiştir. Böylece bölgesel verilerin bulut ağına aktarılması da gerçekleştirilebilmiştir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada Raspberry Pi gömülü sistem tabanlı endüstriyel bir alanda dört farklı su kuyusunda bulunan 110 kW güçlü su pompası asenkron motorlarının izlenmesi ve kontrol edilmesi IoT sistemi ile başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Daha önceden röleli bir kumanda mekanizması ile çalıştırılıp durdurulan bu 110 kW'lık su pompası motorlarının kontrol edilmesi IoT sistemi ile internetin olduğu bir noktadan yapılabilmektedir. Tasarlanan röle kartlarında bulunan ilave rölelerin kontakları sayesinde sistemlere eklenecek ilave aktüatörlerin kontrollerinin de yapılabilmesi sağlanmıştır. Bu sistem PLC'li sistemlerle maliyet açısından

karşılaştırıldığında oldukça düşük maliyete karşılık gelmiştir. İşlevsellik açısından PLC'li sistemler ile mukayese edildiğinde bu sistem yine aynı işlevselliği taşımıştır. Böylece zaman ve maliyet tasarrufu yapılmış bunun sonucunda verimlilik artışı oluşturulmuştur.

KAYNAKÇA

- [1] Chernykh, A. G. (2023, February). Use of centrifugal pumps with canned asynchronous motors in sprinkler irrigation systems in a finely dispersed mode of operation. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1138, No. 1, p. 012004). IOP Publishing.
- [2] Hazbi, T. M., & Ma'arif, A. (2023). Design an Automatic Water Tank Filling Tool Using NodeMCU Based on the Internet of Things. Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro, 5(1), 22-30.
- [3] Tran, M. Q., Amer, M., Abdelaziz, A. Y., Dai, H. J., Liu, M. K., & Elsis, M. (2023). Robust fault recognition and correction scheme for induction motors using an effective IoT with deep learning approach. Measurement, 207, 112398.
- [4] Mamur, H., Dicle, Z., & Erdener, S. İç Ortam Bitkilerinin Takibi için IoT Tabanlı Akıllı Gömülü Sistem Tasarımı. International Journal of Engineering Research and Development, 14(2), 611-618.
- [5] Mamur, H., Atanur, İ. Z., Şimşek, H., & Ferhat, Ç. (2022). Asenkron Motorlar İçin Endüstriyel Nesnelerin İnterneti Tabanlı Sensör Kartı Uygulaması. Journal of the Institute of Science and Technology, 12(4), 2064-2074.
- [6] Das, S. K., Benkhelifa, F., Sun, Y., Abumarshoud, H., Abbasi, Q. H., Imran, M. A., & Mohjazi, L. (2023). Comprehensive Review on ML-based RIS-enhanced IoT Systems: Basics, Research Progress and Future Challenges. Computer Networks, 109581.
- [7] Hussain, F., Hussain, R., Hassan, S. A., & Hossain, E. (2020). Machine learning in IoT security: Current solutions and future challenges. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 22(3), 1686-1721.
- [8] Tsai, C. W., Lai, C. F., Chiang, M. C., & Yang, L. T. (2013). Data mining for internet of things: A survey. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 16(1), 77-97.
- [9] López-Vargas, A., Fuentes, M., & Vivar, M. (2018). IoT application for real-time monitoring of solar home systems based on Arduino™ with 3G connectivity. IEEE Sensors Journal, 19(2), 679-691.
- [10] Durani, H., Sheth, M., Vaghasia, M., & Kotech, S. (2018, April). Smart automated home application using IoT with Blynk app. In 2018 Second international conference on inventive communication and computational technologies (ICICCT) (pp. 393-397). IEEE.

- [11]** Omran, M. A., Hamza, B. J., & Saad, W. K. (2022). The design and fulfillment of a Smart Home (SH) material powered by the IoT using the Blynk app. *Materials Today: Proceedings*, 60, 1199-1212.
- [12]** Fatima, Z., Tanveer, M. H., Zardari, S., Naz, L. F., Khadim, H., Ahmed, N., & Tahir, M. (2022). Production plant and warehouse automation with IoT and industry 5.0. *Applied Sciences*, 12(4), 2053.

NEMLİ VE KIŞ MEVSİMLERİNDE KULLANILABİLECEK TAŞINABİLİR HIZLI ÇAMAŞIR KURUTMA ASKİ APARATI

Enez ODACI

Manisa Celal Bayar Üniversitesi, - 0009-0008-3742-0814

Doç. Dr. Hayati MAMUR

Manisa Celal Bayar Üniversitesi, - 0000-0001-7555-5826

ÖZET

Nemli bölgelerde yaşayan insanlar için çamaşırların kurutulması bir sorun halini alabilmektedir. Bunların kuruma süreleri nemden dolayı uzun olmaktadır. Ayrıca kullanılan çamaşır kurutma makinalarında çamaşırların yıpranması, makinaların gürültülü çalışması ve bunların biraz pahalı olması gibi dezavantajları olabilmektedir. Bazen bu çamaşır kurutma işleminin balkonlara asılarak yapılması görüntü kirliliğine yol açmaktadır. Hatta bu hassas çamaşırların güneşe maruz bırakılarak kurutulması bu çamaşırların zamanla yıpranmasına neden olabilmektedir. Bu çalışmada, özellikle nemli bölgelerde yaşayanların çamaşır kurutma sürelerinin kısaltılması ve tam bir kuruma sağlanabilmesi için oransal-integral-türev (PID) kontrollü bir hızlı çamaşır kurutma aparatı tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu aparat taşınabilir ve ucuza elde edilebilir olması ile diğer sistemlerden farklılık sunmaktadır. Sistemin kurutmasında PID kontrol algoritmasının kullanılması ile taşınabilir kurutma cihazının ısı kontrolü sağlanmıştır. Kullanıcının kullanım rahatlığı ve güvenliği için sistemde bir uyarı mekanizması geliştirilmiştir. Bu aparatın bir dezavantajı bu aparat ile yalnızca bir çamaşır parçanın kurutulabilmesidir. PID kontrol algoritması ile kullanılan rezistans telinin sıcaklık ayarlaması yapılmıştır. Ana kontrol elemanı olarak piyasada yaygın olarak bulunabilen PIC16F877A tercih edilmiştir. PID kazanç parametrelerinin belirlenmesi için Matlab yazılımı tercih edilmiştir. Sistemin elektronik benzetim çalışması ve geliştirmeleri Proteus yazılımı ile yapılmıştır. Katı modellerin geliştirilmesinde ve elektronik donanımların yerleştirilmesinde SolidWorks yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılım sayesinde mekanik ve elektronik parçaların yerleşimleri kolaylıkla oluşturulabilmektedir. Sonuçta, taşınabilir bir özellikte çamaşırı yıpratmadan kurutabilecek bir askı aparatı geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: PID, Hızlı çamaşır kurutma, Askı aparatı, PIC.

1. GİRİŞ

Kurutma nemli malzemelerin nemlerinin alınması olarak ifade edilebilir. Bu işlem en yaygın olarak çamaşırların kurutulmasında kullanılır. Günümüzde çamaşırların toplu olarak kurulması için kurutma makinaları oldukça yaygınlaşmıştır. Birçok firma bu tür makinaları üretir duruma gelmiştir. Bunlar, birçok nemli çamaşırı içine alarak kurutma işlemini gerçekleştirmektedir.

Çamaşırların kurutulması nemli bölgelerde ve kış aylarında oldukça uzun sürmektedir. Bu durum Ekvatorial ve Muson iklimlerinin görüldüğü yerlerde daha da zorlaşmaktadır. Bazen çamaşır kurutma işlemi çamaşırların balkonlara asılması ile yapılmaktadır. Bu durum görüntü kirliliğine neden olmaktadır. Ayrıca çamaşırların uzun süreli güneşe maruz kalması bunların yıpranmasına yol açmaktadır.

Literatürde çamaşır kurutma aparatları ile ilgili olarak çalışmalara rastlamak mümkündür. Stapleton ve ark. [1] çamaşır kurutma makinelerinin ve tekniklerinin performans analizlerini yapmışlardır. Fan hızı, ısıtıcı gücü, tambur hızı, ağırlık ve giysilerin ilk nemli durumlarının nasıl olması gerektiği hakkındaki analizlerinin sonuçlarını enerji verimliliği açısından değerlendirerek üretici firmalara iletmışlerdir. Ahmadi ve ark. [2] kurutucu sistemlerde havayı istenilen kurutma sıcaklığına getirmek için eklenen soğutma ardından gelen ısıtmanın önemli ölçüde enerji kaybına neden olduğunu belirtmişlerdir. Ardından havadaki nemi doğrudan yakalayan bir sıvı kurutucu kullanan bir sistemi önermişlerdir. Ng ve Denk [3] ortamdaki denge nem içeriğini kullanan yeni bir sonlandırma kontrol yöntemi açıklamışlardır. Bu yeni yöntemlerinin etkinliğini hem deneysel hem de matematiksel olarak araştırmışlardır. Değerlendirmelerinin sonuçlarında yeni yöntemlerinin uygulanabilir ve enerji tasarrufu sağladığını iddia etmişlerdir.

Bu çalışmada taşınabilir yapıda bir çamaşır kurutma aparatı geliştirilmiştir. Havanın ısıtılması için rezistans kullanılmıştır. Havanın sirkülasyonu bir fan yardımıyla yapılmıştır. Tüm sistemin kontrolü bir mikrodnetleyici olan PIC16F877 ile gerçekleştirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Tasarlanan ve gerçekleştirilen sistemin en önemli parçalarından biri tüm kontrolün yapıldığı PIC16F877A mikrodnetleyicisidir. Bu mikrodnetleyici ile elektrikli rezistansın sıcaklığı kontrol edilmiştir. Isının yayılması için bir fan kullanılmıştır. Sıcaklık değeri belirlenen seviyeyi geçtiğinde kullanıcıya uyarı vermek için bir buzzer konulmuştur. Katı modellemenin yapılması biyokütleden üretilen termoplastik malzeme (PLA) ile gerçekleştirilmiştir.

Sistem kontrolünde kullanılan PIC16F877A mikrodnetleyicisi Microchip firması tarafından piyasaya sürülmüş gömülü sistem denetleyicisidir. Bu mikrodnetleyici 40 pine sahip ve sekiz bitliktir. Dahili ve harici osilatör seçimi yapılabilir. Üç tane zamanlayıcı/sayıcı bulundurur. Elektriksel olarak silinebilen ve yazılabilen (EEPROM) ve rastgele erişimli veri (RAM) alanı bulundurmaktadır. Program belleği flash bellek yapısındadır. Analog sinyallerin dijital çevrilmesi için analog dijital çeviricisinin (ADC) çözünürlüğü on bitliktir. Ayrıca iki tane karşılaştırıcı bulundurmaktadır. Besleme gerilimi 5 V DC'dir. 20 MHz değerine kadar osilatör bağlanabilmektedir. I²C, SPI ve USART haberleşme modüllerine sahiptir. -40°C ~ +85°C çalışma sıcaklık aralığında çalışabilir [4].

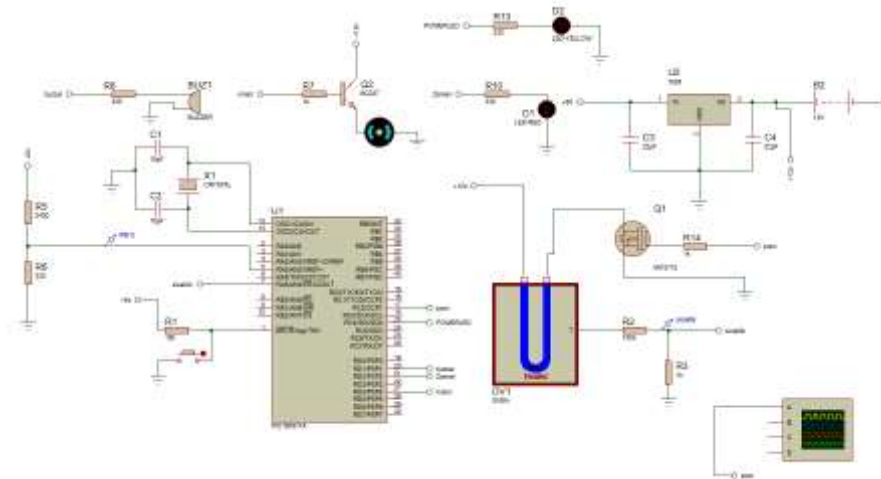
Sistemde kullanılan bir diğer eleman LM35 sıcaklık sensörüdür [5]. Bu sıcaklık sensörü sıcaklığa bağlı olarak gerilim üretmektedir. Üç pine sahiptir. Besleme için +5 V DC'ye bir ucu, diğer ucu toprak potansiyeline ve bir ucu da mikrodenetleyicinin analog girişine bağlanır. Ortam sıcaklığındaki her 1°C sıcaklık artışında veya azalışında 10 mV gerilim değişimi meydana gelir. -55°C ~ +165°C arasındaki sıcaklık değerlerinde kullanılabilir. İlave bir donanım ihtiyacı duymaz.

Sistemin bir diğer elemanı fan motorudur. Bu fan motoru sistemdeki sıcaklığın eşit oranda dağılması için sirkülasyon sistemi olarak kullanılmıştır. Fan motoru olarak sistemde fırçasız DC motor seçilmiştir. Çünkü bunlar yüksek devir sayılarına çıkabilmekte ve uzun kullanım ömürlerine sahip olmaktadır. Ayrıca kullanımları kolaydır. Besleme gerilimi +12 V DC'dir. Bu fan motoruna bağlanan fan ucu aparatı ile sistemdeki havanın sirkülasyon yapması sağlanmıştır. Bunun sürülmesi için BC237 transistörü kullanılmıştır.

Tasarımı yapılan kurutma aparatının taşınabilir olması için dış kalıp malzemenin hacim ve ağırlığı mümkün olduğunca azaltılmıştır. Dış kalıp malzemenin boyu kanca dahil 324 mm, eni kolların uzunluğu dahil olmadan 140 mm, kollar dahil olduğunda toplam en 390 mm'dir. Fan ve rezistans kutusunun boyutları 60 × 60 × 42 mm'dir. Kancanın boyu 72 mm olarak tasarlanmıştır.

Kurutma makinasının dış kısmını oluşturan PLA maddesinin basım sıcaklığı 190-220°C ve yatak sıcaklığı 50-70°C aralığındadır [6]. Bu malzeme erime noktası, basım sıcaklığı, yatak sıcaklığı, sağlamlığı ve basım kolaylığı nedeni ile ideal bir malzeme olmuştur. Dış kalıp tasarımları için SolidWorks yazılımı tercih edilmiştir.

Yapılan çalışmada elektronik donanımların diğer bileşenler ile çalışması için Proteus benzetim programı kullanılmıştır. Kurulan elektronik bileşenler Görsel 1'de verilmiştir.



Görsel 1. Elektronik bileşenler

Sistemde kullanılan oransal-integral-türev (PID) parametrelerinin belirlenmesi Matlab programı ile yapılmıştır. Sanal ortamdaki PID denetim devresi ve yazılım vasıtası ile hesaplanan hata sinyali ve aynı şekilde belirlenen denetim sinyali pals genişlik modülasyonu (PWM) ile düzenlenmiştir [7]. Kullanılan PWM'in periyodu 256 µs olmuştur. PWM sinyali on

bit çözünürlüğünde kullanılmıştır. Mikrodenetleyicinin yazılımı CCS C ile yapılmış ve programlanmasında PIC Kit 2 tercih edilmiştir. Sistem elektronikleri ve katı model Görsel 2’de verilmiştir.



Görsel 2. Elektronikler ve katı model

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Askı aparatının sıcaklık kontrol sistemi için kullanılan LM35 sıcaklık sensöründen gelen bilgi ile referans giriş karşılaştırılarak bir sıcaklık hata değeri hesaplanmıştır. Daha sonra hesaplanan hata PID işlemlerine tabi tutulmuş ve denetim sinyali elde edilmiştir. Denetim sinyali sekiz bit değerinin son ifadesi olan 255 değerinden büyük ise sisteme %100 görev çevrimi ile 255 değerinde bir PWM sinyali uygulanmıştır. Hata oranı düştükçe, yani LM35 sıcaklık sensörüne gelen sıcaklık arttıkça görev çevrimi de düşürülmüştür. Nihayetinde hata oranı sıfır olduğunda yahut eksi değerlere indiğinde görev çevrimi sıfır olacak şekilde uygun kod yazımı yapılmıştır.

Sistemde kullanılan ısıtıcıya fanın yakınlığı önemli olmuştur. Fanın ısıtıcıya olan yakınlığına bağlı olarak çeşitli durumlar Görsel 3’te çıkartılmıştır.



Görsel 3. Fanın ısıtıcıya olan pozisyonuna göre elde edilen sıcaklıklar

Tasarımda ısıtıcı direncinin sıcaklık kapasitesi, kullanılan fan motorunun gerilim ve devir ilişkisi, ısıtıcı direncin akım ve sıcaklık ilişkisi önemli olan ve analiz edilmesi gereken önemli noktalar olmuştur. Kullanılan ısıtıcı direncin değeri $3,8 \Omega$ 'dur. Ölçümler sıcaklık sensörünün konulması gereken noktanın tespiti amacı ile iki farklı nokta üzerinden yapılmıştır.

Bir diğer eleman olan fan motorunun uygulanan gerilim ile devir sayısı incelendiğinde, fan motorunun +5 V DC’de sürtünme momentini yendiği ve yaklaşık 1500 dev/dk. ile dönmeye başladığı +12 V DC’de 4200 dev/dk.’ya çıktığı belirlenmiştir. Bu fan motoru sistem tarafından aç-kapa şeklinde çalıştırılmıştır. Bunun açılıp kapatılması ile sıcaklığının ayarlanan set değerine gelmesi sağlanmıştır.

Sistem tam güçte çalıştırıldığında LM35 sıcaklık sensörü ile 77°C sıcaklık elde edilmiştir. Bu sıcaklık değeri kullanılan termoplastik malzemelere zarar vermemiştir. Hatta bu malzemenin analizleri sıcaklığın 120°C değerine çıktığı durumlar için analiz edilmiştir. Bu analiz sonuçlarında da herhangi bir bozulma olmamıştır. Ulaşılan sıcaklık değerleri askı aparatına asılacak olan kıyafetlere zarar vermeyecek nitelikte olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, nemli ortamlarda kurutulması zor olan tek parça çamaşırın kurutulması için ısıtıcılı taşınabilir bir askı aparatı tasarımı, benzetimi ve gerçekleştirilmesi yapılmıştır. Gerçekleştirilen sistemin kontrolünde PIC16F877A mikrodenetleyicisi ve 3,8 Ω yaklaşık 40 W’lık 12 V ile beslenen rezistans teli kullanılmıştır. Fan maksimum hızda çalıştırıldığında sıcaklık değeri 77°C değerine çıkmıştır. Bu sıcaklık askı aparatının yapıldığı malzemeye ve kurutulacak çamaşıra zarar vermeyecek seviyede olmuştur. Sonuçta otellerde ve evlerde kış mevsiminde ve nemli havalarda kullanılabilecek taşınabilir bir askı kurutma aparatının prototipi elde edilmiştir.

KAYNAKÇA

Bu çalışma TÜBİTAK 2209-B (Proje No 1139B411802169) tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

- [1] Stapleton, H. M., Dodder, N. G., Offenberger, J. H., Schantz, M. M., & Wise, S. A. (2005). Polybrominated diphenyl ethers in house dust and clothes dryer lint. Environmental science & technology, 39(4), 925-931..
- [2] Ahmadi, M., Gluesenkamp, K. R., & Bigham, S. (2021). Energy-efficient sorption-based gas clothes dryer systems. Energy Conversion and Management, 230, 113763.
- [3] Ng, A. B., & Deng, S. (2008). A new termination control method for a clothes drying process in a clothes dryer. Applied Energy, 85(9), 818-829..
- [4] <https://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39582b.pdf> (17.02.2023 ulaşıldı).
- [5] <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>
- [6] Tokat, A. İ. (2013). Askı tipi çamaşır kurutma makinesi tasarımı, prototipi ve test edilmesi (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [7] Knospe, C. (2006). PID control. IEEE Control Systems Magazine, 26(1), 30-31.

LİF KESİT ŞEKLİ VE FİLAMENT SAYISI DEĞİŞTİRİLMİŞ POLYESTER 2D DOKUMA ZEMİN KAPLAMALARININ MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN MULTİ EKSENLİ GRAFİK YÖNTEMİ İLE ANALİZİ

Öğr. Gör. ÖZNUR ÖZDİNÇ

Gaziantep Üniversitesi, - ORCID ID: 0000-0002-6562-408X

ÖZET

Geçmişten bugüne gelen geleneksel zemin kaplamaları sağladıkları büyük avantajlar nedeni ile günümüzde yerini hafif zemin kaplamalarına bırakmaya başlamıştır. Burada etken olan en temel faktör ise sanayide kullanılan üretim metod ve yöntemlerinin gelişmesidir. Araştırma – geliştirmenin artması ile birlikte zemin kaplamalarındaki ürün yelpazesi de genişlemiştir. Çalışmada aynı üretim parametrelerinden oluşmuş, atkı ipliği olarak farklı kesit şekillerine ve farklı filament sayısına sahip polyester iplikler ile dokunmuş 2D dokuma zemin kaplamalarına (hafif zemin kaplamalarına) sıkıştırılabilirlik ve rezilyans tayini, dinamik yük altında kalınlık kaybının tayini, uzun süreli statik yüklemeden sonra kalınlık kaybının tayini, aşınma dayanımı tayini ve kopma mukavemeti tayini uygulanarak seçilen üretim parametrelerinin toplam etkisinin tespiti hedeflenmiştir. Çalışma sonucunda grafik alanlar oluşturularak multi eksenli grafikler çizilmiştir. Grafik alanlardan yola çıkarak; özdeş zemin kaplamaları örnekleri içerisinde lif kesitinin trilobal (üçgen) seçilmesi ile birlikte polyester 2d dokuma zemin kaplamasının performansının round (dairesel) kesitli dokuma zemin kaplamasına nazaran daha iyi olduğu söylenebilmektedir. Atkı ipliği olarak farklı filament sayıları ile dokunan özdeş zemin kaplamalarında ise iplik içerisindeki filament sayısı 96 filament sayısından 384 filament sayısına doğru arttıkça dokunun mekanik performansının azaldığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Lif kesit şekli, Zemin kaplamaları, Filament sayısı, Rezilyans özellikleri, Mukavemet, Makine halısı.

ANALYSIS OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF POLYESTER 2D WOVEN FLOOR COVERINGS WITH MODIFIED FIBER CROSS-SECTION SHAPE AND FILAMENT NUMBER BY MULTI-AXIS GRAPHIC METHOD

ABSTRACT

Traditional floor coverings from the past; Due to the great advantages they provide, it has started to leave its place to light floor coverings. The most important factor here; is the development of production methods and methods used in industry. With the increase in research and development, the product range in floor coverings has also expanded. In the study; It is aimed to determine the total effect of the selected production parameters by applying Determination of compressibility and resilience of 2d woven floor coverings (light floor coverings) woven with polyester yarns with different cross-sectional shapes and different

filament counts as weft yarn, consisting of the same production parameters, determination of thickness loss under dynamic load, determination of thickness loss after long-term static loading, determination of abrasion resistance and determination of breaking strength. As a result of the study, multi-axis graphs were drawn by creating graphic areas. On the basis of the graphic areas, it can be said that the performance of the polyester 2d woven floor covering is better than the round section woven floor covering, with the selection of the fiber section as trilobal among the examples of identical floor coverings. In identical floor coverings woven with different filament numbers as weft yarn, it was observed that the mechanical performance of the tissue decreased as the number of filaments in the yarn increased from 96 filament count to 384 filament count.

Keywords: Fiber sectional shape, Floor coverings, Number of filament, Resilience characteristics, Strength, Machine carpet.

1. GİRİŞ

Tekstil, insanoğlunun korunma - örtünme – barınma ihtiyaçları neticesinde ortaya çıkmıştır. Tekstilin en önemli dallarından biri olan zemin kaplamaları ise bu sektörün en önemli gruplarından birini oluşturmaktadır. Bu sektörde köklü bir geçmişe sahip olan Türkiye; 80’li yıllardan sonra büyüme göstermiş ve günümüzde dünyada ikinci büyük üretim yapan ülke konumuna ulaşmıştır.

Pile (2003), yaptığı çalışmada zemin tekstillerini inceleyerek, zeminde kullanılan tüm tekstil materyallerini "zemin kaplamaları (floor coverings) " olarak değerlendirmiştir. Buna göre bu çalışmada zemin kaplamaları türlerine göre; ağır ve hafif zemin kaplamaları olarak gruplandırılmıştır. Bu bağlamda üç boyutlu zemin kaplamaları ağır zemin kaplamaları olarak, iki boyutlu zemin kaplamaları ise hafif zemin kaplamaları olarak tanımlanmaktadır.

Teknik ve estetik bilgi birikimi ve gelişen teknoloji neticesinde elde edilen tekstil zemin kaplamalarının kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Zemin kaplamaları sektörü teknoloji alanında yapılan araştırma ve gelişmelerden, hammadde alanındaki gelişmelerden ve tüketici isteklerinden direkt olarak etkilenmektedir. Tekstil zemin kaplamalarının en büyük grubunu makine halısı oluşturmaktadır. Makine halısı; zemin yapısını atkı ve çözgü iplikleri ile oluşturulan, kullanım yüzeyi ise hav iplikleri tarafından oluşturulan 3D zemin kaplamaları içerisinde yer almaktadır (Sarioğlu vd., 2019)

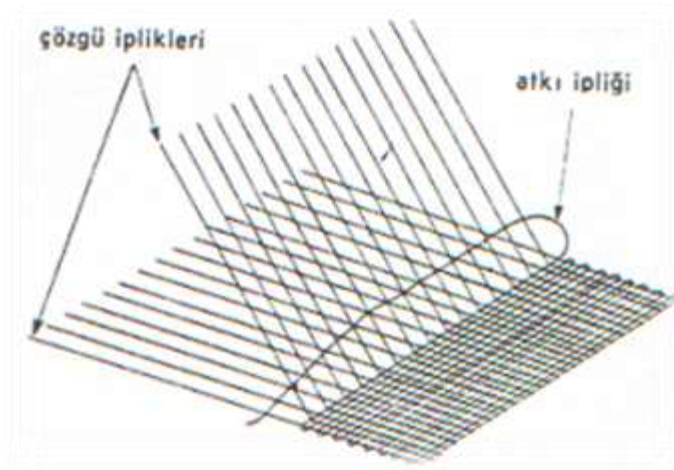
Bu çalışmada, hafif zemin kaplamalarının özellikleri incelenerek bu konuda çalışan araştırmacılara faydalı bilgiler sunacağı düşünülmektedir. Ayrıca, literatürde daha önce bu konu ile ilgili yapılmış böyle bir çalışma bulunmaması ise çalışmanın literatür açısından da faydalı olacağını ortaya koymaktadır. Yapılan bu çalışmada aynı üretim parametrelerinden oluşmuş, atkı ipliği olarak farklı kesit şekillerine ve farklı filament sayısına sahip polyester iplikler ile dokunmuş dokuma zemin kaplamalarının mekanik özellikleri incelenmiş ve seçilen üretim parametrelerinin toplam etkisinin tespiti hedeflenmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Geçmişten bugüne gelen geleneksel zemin kaplamaları sağladıkları büyük avantajlar ve gün geçtikçe farklılaşan tüketim alışkanlıkları nedeni ile günümüzde yerini hafif zemin kaplamalarına bırakmaya başlamıştır. Burada etken olan en temel faktör ise sanayide kullanılan

üretim metot ve yöntemlerinin gelişmesidir. Araştırma – geliştirmenin artması ile birlikte zemin kaplamalarındaki ürün yelpazesi de genişlemiştir. Özkendirci (2016), yaptığı çalışmada zemin kaplamalarının kullanım amacının mekânlarda ısı yalıtımını sağlamak, yorgunluğu azaltmak, düşmelere karşı güvenliği arttırmak, ses ve ısı yalıtımını sağlamak, enerji tasarrufu sağlamak ve eskimiş/zarar görmüş zeminleri kamufle etmek olduğunu belirtmiştir. (Özkendirci, 2016).

İki iplik ile dokunan hafif zemin kaplamaları; çözgü ve atkı ipliklerinin belirli kurallar içerisinde dik açı yaparak meydana gelen tekstil mamulüdür (Görsel 1). 2d dokuma zemin kaplamalarında; üretilen dokunun üzerinde hav tabakası bulunmadığı için havsız ve ince yapılıdır.



Görsel 1. Dokuma tekniği şeması (Çörekçioğlu, 2002)

Günümüzde tüm dünyada alerjik hastalıkların görülme sıklığı giderek artmaktadır. Alerjik hastalıklara sebebiyet veren alerjenler içerisinde ev tozu akarları, en önemli grubu oluşturmaktadır. Ev tozu akarları; yatak, yorgan, yastık, halı ve tüylü oyuncaklarda yaşayan ve alerjik hastalıklar ile ilgili iç ortamlarda bulunan alerjenlerin en önemli kaynağı olan, gözle görülemeyen küçük böcekçikler olarak tanımlanmaktadır (Görsel 2).



Görsel 2. Ev tozu akarları (<https://en.wikipedia.org>)

Dünyada ve Türkiye’de ev tozu akarları ile ilgili birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalar sonucunda; iç ortamlarda sıklıkla bulunan ve çok güçlü alerjenler üreten ev tozu akarları; alerjik

hastalıklara neden olan iç ortamlarda bulunan alerjenlerin en önemli kaynağı olarak kabul edilmektedir (Feng vd., 2009).

Ev tozu akarları uygun besin, uygun sıcaklık (25–27°C) ve uygun rutubet (%70–80) şartları bulunan tüm ortamlarda yaşamını sürdürebilmektedir. Ev tozu akarları için en uygun yerler ise yatak odası ve yatak, yorgan, nevresim takımları, çarşaf ve yastık kılıfı takımları gelmektedir (<http://sakur.uludag.edu.tr>) ayrıca; oturma odaları, halılar, battaniyeler, perdeler, döşemeler, mobilyalar ve tüylü oyuncaklar gibi yaşamları için uygun olan her alanda bulunabilmektedirler (Aygan ve Özçelik, 2002).

Alerjik hastalıklar için uygun olan tedaviye ek olarak koruyucu önlemler alınması gerekmektedir. Ev tozu akarlarının sebep olduğu alerjik solunum yolu hastalıkları için alınacak koruyucu önlemlerin başında hastanın çevresinde bulunan ev tozu akar miktarını en aza indirmek gelmektedir. Bu tedbirler içerisinde en etkili önlem ise evdeki halıların ya kaldırılması ya da havsız yapıya sahip dokuma türü zemin tekstillerinin kullanılmasıdır. Bu nedenle 2D dokuma zemin kaplamaları son yıllarda çok fazla talep görmeye başlamıştır.

Geleceğe yönelik zemin kaplamaları olarak görülen 2d dokuma zemin kaplamalarının birçok yararı bulunmaktadır. 2d dokuma zemin kaplamaları;

Düşük gramajlıdır,

Daha ekonomiktir,

Tozu içine hapsedecek hav tabakası yoktur,

Genellikle küçük ebatlarda üretilen bu gruptaki zemin kaplamaları çamaşır makinesinde rahatlıkla yıkanabildiği için kullanımı ve temizliği oldukça pratiktir,

İnce dokumalar oldukları için her mevsimde kullanılabilir olması tercih edilme nedenidir.

Zemin kaplamalarında kullanılan lifin yoğunluğu mekanik ve estetik özellikleri için önemli bir etkiye sahiptir. Lif yoğunluğu; mukavemet, eğirme, düzgünlük, sertlik ve örtücülük gibi kumaş özelliklerini etkilemektedir. Bu nedenle lifin doğrusal yoğunluğunun azalması ile daha parlak görünümlü ve daha yumuşak tuşeli tekstil materyali üretmek mümkündür (Saville, 1999). Fung (2000), dokunmuş tekstil materyallerinin aşınmasını inceleyerek kumaşı meydana getiren ipliklerin lif kesit şekli, incelik değerleri, tekstüre metodu gibi parametrelerin daha geniş yüzey alanı oluşturarak aşınma dayanımını etkilediğini belirtmiştir.

Jackman ve arkadaşları (2003), yaptığı çalışmada dokuma yöntemi ile elde edilen halılar üzerinde aşınma dayanımını incelemiştir. Halının en önemli kullanım performans ölçütlerinden biri aşınma dayanımıdır. Bu çalışmada dokunun aşınma direncinin lifin cinsine, iplik inceliğine kalınlığına, ipliğin büküm değerine ve halıdaki hav yoğunluğuna bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Çalışma sonucunda iplik kalınlığı arttıkça aşınma direncinin de artacağını, halıda bükümlü ipliklerin kullanılmasının daha az elyaf yüzeyini aşınmaya maruz bırakacağını ve halıdaki hav yoğunluğu arttıkça aşınmanın azalacağını saptamışlardır.

Radhkrishnaiah (2005), yaptığı çalışmada poliamid 6 ve poliamid 6,6 hav ipliği ile dokunan halı numunelerinin performans özellikleri üzerine inceleme yapmıştır. Çalışmanın sonucunda poliamid 6,6 hav ipliğinden dokunan halıların doku tutma ve renk haslığı özelliklerinin poliamid 6 hav ipliği ile dokunan halıya göre daha üstün olduğu görülmüştür.

Göksel ve arkadaşlarının (2007), yaptıkları çalışmada dokunmuş yüzeylerin aşınma dayanımını incelemişler ve iplik inceliği, sıklık değerleri ve doku tipine ait değişikliklerin doku yüzeyinin sürtünme karakterini değiştirdiği sonucuna varmışlardır. Ayrıca dokuda kullanılan örgü tipinin aşınma dayanımını çok fazla etkilediğini saptamışlardır.

Çelik ve arkadaşları (2009), yaptıkları çalışmada, akrilik halıların performans özelliklerini araştırmıştır. Çalışma için yüksek hacimli akrilik iplik ve relax tipindeki akrilik iplikler ile iki tip halı numunesi üretilmiş ve bu üretilen halılara hav çekme testi ve kısa orta statik yükleme testi uygulanmıştır. Çalışma sonucuna göre, yüksek hacimli akrilik iplik ile dokunan halının çekme kuvvetine karşı daha yüksek dirence sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Kalınlık kaybı karşılaştırmasına göre iki numune tipi arasında önemli bir fark olduğu görülmüştür. Bu nedenle, halı örneklerinin uzun süreli statik yüklemekten sonra rölyef dokusunu kaybettiği tahmin edilmiştir.

Paknejad (2021), yaptığı çalışmada yükleme ve yük alma sonrasında elde edilen geri kazanım değerlerinin temel olarak zemin tekstilinin yapısına ve ipliklerin fiziksel ve mekanik özelliklerine bağlı olduğunu tespit etmiştir.

Akgün ve arkadaşları (2021), yaptıkları araştırmada farklı nitelikteki atkı iplikleri kullanıp jakarlı dokuma materyalleri üreterek atkı ipliklerinin aşınma dayanımı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda iplik özellikleri ile iplik kıvrım oranının aşınma direnci üzerinde etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Garip ve arkadaşları (2021), yaptıkları çalışmada polyester iplikler farklı punta sayıları ile üretilmiş iplikler kullanmışlardır. Yapılan bu araştırmanın sonucunda punta sayılarının poliester kumaş üzerine etkileri incelenmiş ve en yüksek mukavemet değerinin 29 adet/punta değerine sahip punta değerine sahip iplikte elde edildiği görülmüştür. Çalışma sonucunda kumaşlarda punta sayısı arttıkça kumaş kalınlığının arttığını ve hava geçirgenliğinin azaldığı saptanmıştır.

Literatürde makine halıları ile ilgili çalışmalar mevcutken hafif zemin kaplamaları olarak da bilinen 2d dokuma zemin kaplamaları ile ilgili çalışmalar yok denecek kadar azdır. Bu çalışma ile farklı özellikteki atkı iplikleri ile dokunan zemin kaplamalarının mekaniksel özellikleri irdelenmiş ve seçilen üretim parametrelerinin toplam etkisinin tespiti hedeflenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Yapılan çalışma kapsamında atkı ipliği olarak lif kesit şekli ve filament sayısı değiştirilmiş polyester iplik kullanılarak dokuma zemin kaplamaları üretilmiş ve farklı özellikteki atkı ipliklerinin dokuma zemin kaplamalarının performansı üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

Yapılan bu çalışmanın sistematik bir şekilde ilerleyebilmesi amacı ile dokunan tüm numunelerde çözgü ipliği olarak 150 dtex 48 filament polyester iplik kullanılmıştır. Çalışmada atkı ipliği olarak kullanılan 1200dtex inceliğinde dairesel (round) ve üçgen (trilobal) kesit şekillerine sahip iplikler Yakamoz Halı'dan, 1200 dtex inceliğinde 96 – 144 – 255 – 288- 384 filament sayısına sahip olan polyester iplikler ise Zeki Mensucat San. Ve Tic. A.Ş' den temin edilmiştir. Bu çalışma için gerekli olan zemin kaplamalarının üretimleri ise aynı tezgâhta aynı koşullar içerisinde (atkı teli sıklığı, çözgü tel sıklığı, dokuma örgüsü sabit tutulmuştur) Yakamoz Halı firması tarafından gerçekleştirilmiştir.

Dokuma yöntemi ile elde edilen zemin kaplamaları için üretilen test numunelerine Görsel 3'te bulunan cihazlar kullanılarak dinamik yük altında kalınlık kaybı tayini (BS 4052 ISO 2094:1999), sıkıştırılabilirlik - rezilyans tayini (BS 4098:1975), aşınma dayanımı (TS EN ISO 12947-3) tayini, uzun süreli statik yüklemeye sonra kalınlık kaybının tayini (TS 7578) ve mukavemet tayini (TS EN ISO-13934-1) uygulanmıştır. Testler yapılmadan önce TS EN ISO 139: 2008 standardı esas alınarak tüm test numunelerinin kondisyonlanması sağlanmıştır. (düz bir zemin üzerine serilerek %65 ±%4 bağıl nem ve 20°C ±2°C sıcaklıkta 24 saat).



Görsel 3. Kullanılan test cihazları

Dinamik yük altında kalınlık kaybı tayini; zemin kaplamasının üzerinde yürümenin simüle edilmiş halini test etmek için uygulanmaktadır. Sıkıştırma plakasına yerleştirilen test numunesine 50, 100, 200 ve 1000 darbe hareketi (ön –arka yürüme hareketi) uygulanmış ve ardından test numunelerinin kalınlığı ölçülmüştür.

Dokuma zemin kaplamalarının sıkıştırılabilirlik ve rezilyans özelliklerini değerlendirmek için test numuneleri cihazın baskı ayağı üzerine yerleştirilerek cihazın baskı ayağı (2 kPa standart ağırlıkta halı kalınlık ölçümü) indirilmiş ve ölçüm başlamıştır. 30 saniye sonrasında numunenin kalınlığı kaydedilerek ağırlıklar eklenmiştir. Bu ağırlıkların ilave edilmesi ile 5, 10, 20, 50, 100, 150 ve 200 kPa ağırlığında yükleme yapılmıştır. 200 kPa yükleme işlemi bittiğinde işlem tersine çevrilmiş ve 30 saniye aralıklar ile ağırlıklar geri alınarak yük alma işlemi gerçekleştirilmiştir. Her ağırlık kaldırıldığında kalınlık ölçümü tekrar kaydedilmiştir.

Halının yükleme ve yük alma işlerinde harcanan enerji miktarı (J/m^2) standartta yer alan Eşitlik (1)'e göre hesaplanmıştır (www.bsigroup.com/BS 4098:1975).

$$E = 1,5t_2 + 4t_5 + 7,5t_{10} + 20t_{20} + 40t_{50} + 50t_{100} + 50t_{150} - 173t_{200} \quad (1)$$

Dokuma kumaşların aşınma dayanımı; lif cinsi, lif mekanik özellikleri, lif kesit şekli, iplik ve kumaş özellikleri, iplik bükümü, iplik katı, iplik kıvrımı, kumaş kalınlığı, doku tipi... gibi birçok parametreye bağlı olarak değişim göstermektedir (Kaynak ve Topalbekiroğlu, 2008). Dokuma kumaşların aşınma dayanımını belirlemek amacı ile kullanılan bir test olan aşınma dayanımı tayini; dokuma kumaşın bir başka tekstil materyaline sürtünmesi yolu ile kumaşın üst kısmında oluşan aşınmaya karşı direnme yeteneğinin bir göstergesidir. Test numunelerinin ilk ağırlığı ölçüldükten sonra Martindale aşınma test cihazına yerleştirilerek üzerine 12 kPa ağırlık eklenmiştir. 1000, 5000 ve 10000 devir sonrasında cihaz durdurularak test numunelerinin ağırlığı hassas terazide ölçülerek kaydedilmiştir. 10000 devir tamamlandıktan sonra

numunelerde gerçekleşen kütle kayıpları ile % kütle değişimine bakılmış ve numuneler arasında karşılaştırmalar yapılmıştır.

Zemin kaplamalarının sahip olması gereken önemli özelliklerden biri de statik yüklemelere karşı olan direncidir. Numunelerin ilk kalınlığı ölçüldükten sonra statik yükleme aparatı üzerine yerleştirilerek 24 saat kesintisiz olarak 700 kPa ağırlığında basınç uygulanmıştır. 24 saat sonra numune üzerindeki basınç kaldırılmıştır. Basınç kaldırıldıktan hemen sonraki kalınlık, 1 saat dinlendirildikten sonraki kalınlık ve 24 saat dinlendirildikten sonraki kalınlık değerleri ölçülerek kaydedilmiştir. Numunelerde oluşan kalınlık kaybı Eşitlik (2) ile, rezilyans ise Eşitlik (3) ile hesaplanmıştır.

$$\text{Kalınlık Kaybı (\%)} = \frac{h_i - h_0}{h_i} * 100 \quad (2)$$

$$\text{Rezilyans (\%)} = \frac{h_{24} - h_0}{h_i - h_0} * 100 \quad (3)$$

h_i numuneden alınan ilk kalınlık, h_0 yük kalktıktan hemen sonraki kalınlık, h_{24} ise yük kalktıktan 24 saat sonraki kalınlık ölçümünü ifade etmektedir.

Kumaşlarda kopma mukavemeti testi dokuma yöntemi ile elde edilen dokunun mukavemetini ve performansını belirlemek için uygulanmaktadır. Dokunun mukavemeti genel olarak iplik mukavemeti ile ilgilidir. Standart esas alınarak hazırlanan Titan Universal mukavemet test cihazında alt- üst çene arası mesafe 200 mm, uygulanan yük ise 2 kN'dur. Test numunesi sabit konumda bulunan alt çene ile hareketli üst çeneye yerleştirilmiş ve numuneler kopana kadar yük uygulanmıştır.

Yapılan bu çalışmada ölçüm sonuçlarının ortalaması alınmış ve tüm test sonuçları multi eksenli grafik yöntemi ile irdelenerek seçilen üretim parametrelerinin toplam etkisinin tespiti amaçlanmıştır.

5. MULTİ EKSENLİ GRAFİK YÖNTEMİ İLE SONUÇLARIN ANALİZİ

Çalışmada aynı üretim parametrelerinden oluşmuş, atkı ipliği olarak farklı kesit şekillerine ve farklı filament sayısına sahip polyester iplikler ile dokunmuş 2d dokuma zemin kaplamalarına sıkıştırılabilirlik ve rezilyans tayini, dinamik yük altında kalınlık kaybının tayini, uzun süreli statik yüklemelerden sonra kalınlık kaybının tayini, aşınma dayanımı tayini ve kopma mukavemeti tayini uygulanarak seçilen üretim parametrelerinin toplam etkisinin tespiti hedeflenmiştir. Çalışmada elde edilen test sonuçlarının ortalamaları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Çalışmada elde edilen test sonuçlarının ortalama değerleri

Test Sonuçları	Round	Trilobal	13 dpf	8 dpf	5 dpf	4 dpf	3 dpf
----------------	-------	----------	--------	-------	-------	-------	-------

Sıkıştırılabilirlik Ve Rezilyans Tayini Sonuçları	Sıkıştırma işi (J/m²)	96,711	110,499	56,236	71,587	61,455	69,782	96,711
	Geri dönen iş (J/m²)	89,898	92,847	51,185	65,238	63,044	64,708	89,898
	İş geri dönüş (%)	108,519	119,566	109,704	109,742	97,798	107,846	108,519
	Sıkıştırma geri dönüş (%)	58,273	61,217	52,536	62,419	54,514	53,132	58,273
	% Kalınlık geri kazanım	66,139	69,894	63,795	71,538	65,192	63,095	66,139
Dinamik Yük Altında Kalınlık Kaybının Tayini Sonuçları	Kalınlık kaybı (mm)	1,087	1,0318	0,562	0,780	0,793	0,8	1,087
	Kalınlık kaybı (%)	47,938	43,9057	39,08	39,790	41,383	43,29	47,938
Kopma Mukavemeti Tayini Sonuçları	Max. kuvvet	353,782	355,304	350,936	351,476	352,382	352,536	353,78
	Uzama (%)	36,602	38,052	26,29	28,928	29,664	29,856	36,602
Uzun Süreli Statik Yüklemeden Sonra Kalınlık Kaybının Tayini Sonuçları	Kalınlık kaybı (%)	38,102	34,267	38,780	29,318	34,984	39,678	38,102
	Rezilyans (%)	50,645	32,743	72,689	49,483	58,225	55,388	50,645

Yapılan çalışması kapsamında 2d dokuma zemin kaplamalarına ait numunelere uygulanan testlerin sonucunda elde edilen bütün mekanik parametreler kullanılarak öncelikle grafik alanlar hesaplanmış ve ardından multi-eksenli grafikler oluşturulmuştur.

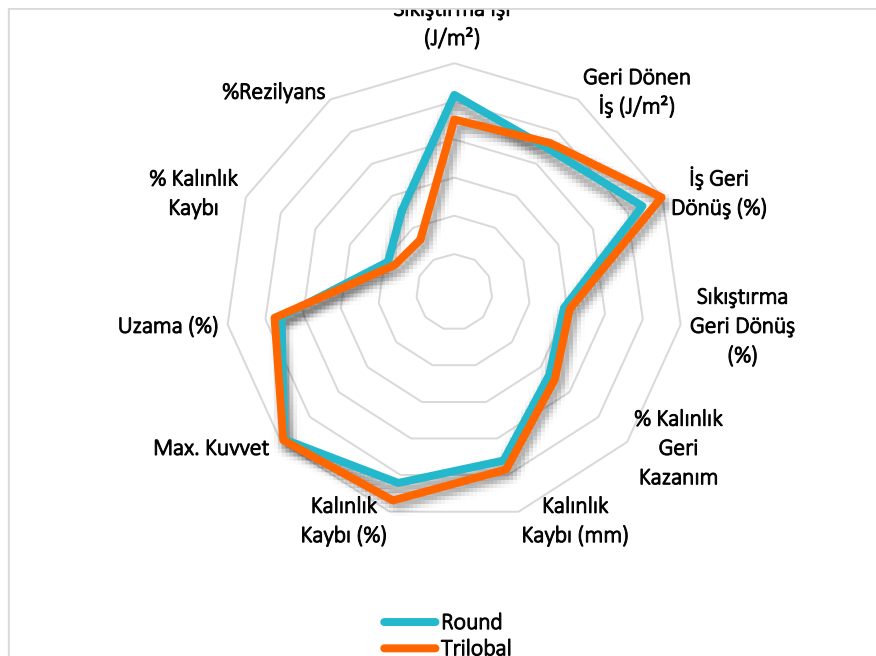
Grafik alanın oluşturulması için öncelikle test sonrasında elde edilen test sonuçlarının ortalaması alınmıştır. Daha sonra elde edilen bu sonuçların aynı skalada olması amacı ile sonuçlar normalize edilerek elde edilen grafiklerin alanları hesaplanmıştır. Birimsiz büyüklük olan yüksek alanlar tespit edilmiştir. Ortaya çıkan bu yüksek alanlar mekanik yönden yüksek performans anlamına gelecek şekilde ölçülen mekanik özellikler için hesaplanan alan değerini arttırıcı müdahalelerde bulunulmuştur. Örneğin, sıkıştırılabilirlik ve rezilyans tayini sonucu elde edilen sıkıştırma işi (J/m²), dinamik yük altında kalınlık kaybının tayini sonucunda elde edilen kalınlık kaybı (mm), kalınlık kaybı (%) değerlerinin düşük olmasının mekanik performansı arttırdığı değerlendirilmesinden yola çıkarak Çizelge 1’de verilen değerlerin tersi grafik çizimlerinde ve alan hesaplarında kullanılmıştır. Farklı kesitte ve farklı filament sayısına sahip polyester ipliklerin atkı ipliği olarak kullanıldığı 2d dokuma zemin kaplamaları için hesaplanan alanlar Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Numuneler için hesaplanan alanlar

Numune	Alan
Round	212,6039
Trilobal	218,9949
13 dpf	267,3408
8 dpf	233,9337
5 dpf	231,8682
4 dpf	224,6315
3 dpf	212,6039

Çizelge 2’de bulunan alanlar incelendiğinde yüksek alan yüksek mekanik performans anlamına gelecek şekilde yorumlanabilmektedir. Aynı numaraya ve aynı filament sayısına sahip polyester ipliklerin atkı olarak kullanıldığı 2d dokuma zemin kaplamaları için trilobal (üçgen) kesitli lif kullanımı daha yüksek mekanik performansa neden olmaktadır. Bunun yanı sıra farklı filament sayıları (dpf değerleri) incelendiğinde ipliklerin filament sayısı azaldıkça (dpf değeri arttıkça) mekanik performans da artış göstermektedir.

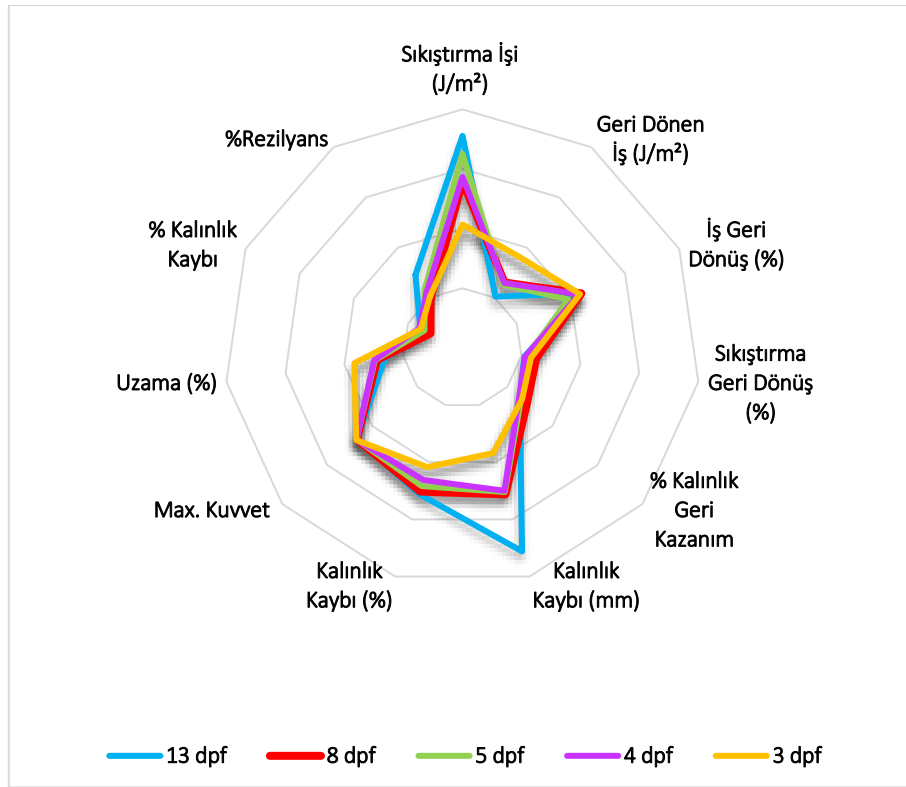
Farklı kesit şekillerinin zemin kaplamaları üzerindeki mekanik performansını irdelemek için Çizelge 2’de hesaplanan alanlar ile elde edilen grafik Görsel 4’te verilmiştir. Farklı filament başına denye (dpf) değerlerinin zemin kaplamaları üzerindeki mekanik performansını irdelemek için Çizelge 2’de hesaplanan alanlar ile elde edilen grafik Görsel 5’te verilmiştir. Görsel 4 ve 5 incelendiğinde dokuma zemin kaplamaların mekanik performansı üzerinde sıkıştırma işi ve kalınlık kaybı değerlerinin daha büyük etkiye sahip oldukları (grafik alanlarını arttırıcı etkiye sahip piklerden dolayı) söylenebilmektedir.



Görsel 4. Kesit şekillerinin zemin kaplamalarının mekanik özellikleri üzerine etkisi

Görsel 4’te yer alan grafiğe göre özdeş değerlere sahip 2d dokuma zemin kaplamalarında atkı ipliği olarak lif kesitinin trilobal (üçgen) seçilmesi ile birlikte geri dönme işi (J/m²), % geri

dönme, % kalınlık geri kazanımı, kalınlık kaybı (mm), % kalınlık kaybı, kopma mukavemeti ve kopma uzamasındaki daha yüksek değerler hesaplanan mekanik performansın daha iyi olmasına yol açmaktadır.



Görsel 5. Dpf değerlerinin (filament sayılarının) zemin kaplamasının mekanik özellikleri üzerine etkisi

Görsel 5'te bulunan grafiğe göre ipliklerin dpf değerleri arasında kıyaslama yapmak gerekirse 5 dpf, 4 dpf ve 3 dpf değerine sahip polyester iplikler ile dokunan zemin kaplamaların mekanik performans sonuçları arasında çok büyük fark görülmemektedir. Bu nedenle 2d dokuma zemin kaplamasının mekanik performansı açısından atkı ipliği olarak 3 dpf - 4 dpf ve 5 dpf arasında kalmadan seçim yapılabilir sonucuna ulaşılabilir. Çünkü asıl fark dpf'ler arasında fark arttıkça ortaya çıkmaktadır. Çünkü grafik alanlarına göre bu halılar birbirine çok yakın değerler sunmuştur. Aynı grafikte 13 dpf ve 3 dpf polyester ile dokunan zemin kaplamaları arasında grafiksel alanda çok büyük farklar olduğu görülmektedir. Bu durumda en iyi mekanik performans 13 dpf değerine ait dokuda görülürken en düşük performans ise 3dpf değerine ait dokuda görülmektedir. Filament sayısı azaldıkça elyaf kalınlığı artar ve ipliğin dinamik sıkıştırmaya karşı olan direnci arttığı için zemin kaplamalarına ait dokuların mekanik performansında da artış görülmektedir.

Görsel 4 ve Görsel 5 incelendiğinde grafik alanlarını arttırıcı etkiye sahip piklerden dolayı dokuma zemin kaplamasının mekanik performansı üzerinde sıkıştırma işi ve kalınlık kaybı değerlerinin daha büyük etkiye sahip oldukları söylenebilmektedir.

6. SONUÇ VE TARTIŞMA

Yapılan bu çalışmada dokuma zemin kaplamalarının bazı mekanik özelliklerinin incelenmesi amacı ile lif kesit şekilleri ve filament sayısı farklı polyester iplik kullanılarak dokuma tipi zemin kaplamaları üretilmiştir. Bu numunelere laboratuvar şartlarında sıkıştırılabilirlik ve rezilyans tayini, dinamik yük altında kalınlık kaybının tayini, uzun süreli statik yüklemeye sonra kalınlık kaybının tayini, aşınma dayanımı tayini ve mukavemet tayini uygulanarak seçilen üretim parametrelerinin etkisinin tespiti hedeflenerek uygulanan test sonuçlarının analizi yapılmıştır.

Sonuç olarak dokuma zemin kaplamaları üretiminde; filament kesit şeklinin trilobal (üçgen) kullanılmasının avantajları diğer araştırmacılar tarafından da rapor edilmiştir. Kara (2011), yaptığı çalışmada trilobal (üçgen) lif kesit şekline sahip liflerin tekstil materyaline parlaklık ve kir gizleme karakteri kazandırdığını ifade etmiştir. Erdogan (2012) ise yaptığı çalışmada hav ipliğindeki lif kesit şeklinin sıkıştırma özelliklerine etkisini inceleyerek; trilobal (üçgen) kesitli lifin yük taşıma kapasitesinin yüksek olması nedeni ile bu liflerden yapılan halıların daha yüksek geri kazanım özelliği gösterdiğini ve daha yüksek sıkıştırma sonrası geri dönüş değeri gösterdiğini tespit etmiştir. Ayrıca bu çalışmada trilobal (üçgen) kesitli numunede görülen kalınlık kaybı değerinin de round (dairesel) kesitli life göre daha düşük olduğu, sıkıştırma işi değerinin ise en yüksek değerde olduğu saptanmıştır. Bu durumda zemin kaplamalarında atkı ipliği olarak kullanılacak polyester ipliğin lif kesit şeklinin trilobal (üçgen) olarak seçilmesi zemin kaplamaları için avantaj sağlayacaktır.

Dokuma zemin kaplamalarının dinamik yük altındaki kalınlık kayıpları incelendiğinde, liflerin enine kesit şekillerinin dokunmuş zemin dokuların kalınlık kayıplarında çok açık bir etkisi bulunduğu saptanmıştır. Dokuma zemin kaplamasında atkı ipliği olarak trilobal (üçgen) kesit şekline sahip lif tercih edildiği takdirde zemin kaplamaları daha iyi esneklik dolayısı ile de daha iyi performans gösterecektir.

İpliklerin filament sayısı; düzgünlük, mukavemet, yumuşaklık ve parlaklık gibi birçok iplik özelliğini etkilemektedir. Yapılan çalışmada numunede dpf değeri arttıkça diğer bir deyişle lif kalınlığı arttıkça statik yükleme altında geri kazanım kabiliyeti ve dolayısıyla yüksek rezilyans değeri gösterecektir. İpliğin filament sayısı azaldıkça; dpf değeri artmakta, lifin kalınlık değeri artmakta ve dolaylı olarak da kalın lifler dokunun dinamik yükleme karşısında performansını arttırmaktadır. Dinamik yükleme altında iplik kesiti içerisinde 96 filament sayısı (13 dpf) ile en düşük filament sayısına sahip dokunun daha az deformasyon sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Çalışmada seçilen üretim parametrelerinin toplam etkisinin tespiti hedeflenmiş ve bu kapsamda grafik alanlar oluşturularak multi eksenli grafik çizilmiştir. Grafik alanlardan yola çıkarak; özdeş zemin kaplamaları örnekleri içerisinde lif kesitinin trilobal (üçgen) seçilmesi ile birlikte polyester dokuma zemin kaplamasının performansının round (dairesel) kesitli dokuma zemin kaplamasına nazaran daha iyi olduğu söylenebilir. Atkı ipliği olarak farklı dpf değerleri ile dokunan özdeş zemin kaplamalarında ise 13dpf değerinden 3dpf değerine düştükçe dokunun mekanik performansının azaldığı görülmüştür. Elyaf kalınlığı arttıkça ipliğin dinamik sıkıştırmaya karşı olan direnci arttığı için dokuma zemin kaplamalarına ait dokuların mekanik performansında da artış görülmüştür.

Zemin kaplamaları için atkı ipliği seçiminde tek kıstas performans değildir. Performansa ilave olarak ekonomi kısmı da önemli bir ölçüttür. Bu nedenle fayda–maliyet analizine bakmak ve

faýdayı maksimize etmek gerekmektedir. Sektöre ait maliyet bileşenleri incelendiğinde en büyük maliyet bileşenlerinin hammadde olduğu görülmektedir. İplik içerisindeki filament sayısının artıp azalması ipliğin ekonomik değerine direkt etki edecektir. Çalışma kapsamında kullanılan 3dpf – 4dpf – 5dpf – 8 dpf ve 13 dpf değerleri ile üretilmiş %100 polyester dokuma zemin kaplaması için en az maliyet 13dpf (96 filament) değerine sahip polyester ipliğin atkı olarak kullanıldığı numunedir. Filament sayısı azaldıkça (dpf değeri arttıkça) ipliğin fiyatı da azalacağı için üretici açısından da avantajlı durumdadır. Bu nedenle hem maliyet hem de performans açısından 13dpf ve trilobal (üçgen) kesitli polyester ipliklerin dokuma zemin kaplamalarında atkı ipliği olarak kullanılması faydayı maksimize edecektir.

TEŞEKKÜR

Zeki Mensucat San. Ve Tic. A.Ş.' ye bu çalışmanın ipliklerini temin ettikleri için, Yakamoz Halı'ya ise zemin kaplama örneklerini temin ettikleri için teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

- Akgün, M., Ulu, İ., Erkek, E., 2021. Jakar Dokuma Kumaş Deseninde Kullanılan İpliklerin Özelliklerinin Ve Konumlandırılmasının Aşınma Dayanımı Üzerine Etkisi. Tekstil ve Mühendis, 28 (123), 180-190.
- ASTM D 4966-12:2012. Standard test method for abrasion resistance of textile fabrics (Martindale Abrasion Tester method).
- Aygan, Ç., Özçelik, S., 2002. Sivas Yöresinde Ev Tozu Akarlarının Yaygınlığı Ve Atopik Allerjideki Rolü. T Parazit Dergisi, 26(2): 186-91.
- [bsigroup.com/products/textile-floor-coverings-determination-of-thickness-loss-under-dynamic-loading-1/standard](https://www.bsigroup.com/products/textile-floor-coverings-determination-of-thickness-loss-under-dynamic-loading-1/standard)
- Çelik, H., Kaynak, H.K., Değirmenci, Z., 2009. Performance Properties Of Wilton Type Carpets With Relief Texture Effect Produced Using Shrinkable, High Bulk And Relaxed Acrylic Pile Yarns. Gaziantep University AATCC Review, Volume 9, Issue 9.
- Çörekçioğlu, M., 2002. Seminer Sunumu, Endüstri Mühendisliği, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- Erdoğan, Ü.H., 2012. Effect Of Pile Fiber Cross Section Shape On Compression Properties Of Polypropylene Carpets. The Journal of The Textile Institute. 103(12), 1369-1375.
- Feng, M., Sun W., Cheng, X., 2009. Seasonal Dynamics And Distribution Of House Dust Mites In China. Biosci Trends, 3(6): 210-5.
- Fung, W., 2000. Textiles in Transportain Tecnical Textiles. Handbook Of Technical Textiles Press, USA, 490-522 pp.
- Garip, B. , Yüksel, A., Er, N., Bedeloğlu, A., 2021. Farklı Punta Sayılarının Poliester Kumaş Özellikleri Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi. Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi, 9 (1), 25-35.
- Göksel, F., Güçer, Ş., 2007. Oto Döşemelik Kumaşlarda Doku Özelliklerinin Aşınma Dayanımına Etkisinin Araştırılması. III. Uluslararası Teknik Tekstiller Kongresi, 1-2 Aralık 2007, İstanbul.
- [https://www.bsigroup.com/BS 4098:1975,17.09.2021.](https://www.bsigroup.com/BS 4098:1975,17.09.2021)
- [https://www.bsigroup.com/BS 4098:1975.](https://www.bsigroup.com/BS 4098:1975)

https://www.en.wikipedia.org/wiki/House_dust_mite

Jackman D., Dixon M. Condra J., 2003. The Guide To Textiles For Interiors, 3rd Edition, s.175, Kanada: Friesens.

Kara, Ş., 2011. Farklı Enine Kesit Şekillerinde Üretilen Kimyasal Liflerin Yapısal Davranışları Ve Kullanım Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İzmir.

Kaynak, H.K., Topalbekiroğlu, M., 2008. Influence of fabric pattern on the abrasion resistance property of woven fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 16 1(66): 54-56.

Paknejad, S.H., Vadood, M., Soltani, P., Ghane, M., 2021. Modeling The Sound Absorption Behavior Of Carpets Using Artificial Intelligence. *Journal Of The Textile Institute* 112:11, Pages 1763-1771.

Pile, F.J., 2003. Interior Design. New Jersey: Prentice-Hall.

Radhakrishnaiah, P., 2005. Comparison Of The Performance Properties Of Carpets Containing Nylon 6 And Nylon 66 Face Yarns. *Textile Research Journal*, 75(2), 57–164.

Sarioğlu, E., Babaarslan, O., Ziba Or, S., 2019. Lif Karışım Oranı ve Toz Alma İşleminin Wilton Tipi Yüz-Yüze Halıların Tozuma Derecesine Etkileri. *Tekstil ve Mühendis*, 26: 115, 309-317

Saville, B.P., 1999. Physical Testing Of Textiles. Woodhead Publishing Ltd and CRC Press.

TS EN ISO 139, (2008). Tekstil, Şartlandırma ve deney için standart ortamlar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN ISO-13934-1 “Tekstil Kumaşların Gerilme Özellikleri- En Büyük Kuvvet Altında Boyca Uzamanın Tayini Şerit Metodu

Uludağ Üniversitesi, Alerjik Göğüs Hastalıkları Bilim Dalı. 2007. Alerji önlemleri ve alerji aşılırları bilgilendirme_kitapçığı. <http://sakur.uludag.edu.tr/dosya/FR-HYE-04-402-02.pdf> [Erişim Tarihi: 23.05.2022]

FARKLI DERECE MODELLERİ VE SEKONDER GERİLİM KONTROLÜNÜN GÜÇ SİSTEMLERİNDE GEÇİCİ KARARLILIK ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

DIFFERENT ORDER MODELS AND THE EFFECTS OF SECONDARY VOLTAGE
CONTROL ON TRANSIENT STABILITY IN POWER SYSTEMS

Doç. Dr., M. Kenan DÖŞOĞLU

Düzce Üniversitesi, - 0000-0001-8804-7070

Öğr. Gör., Muhammet DEMİRBAŞ

Kastamonu Üniversitesi, - 0000-0002-5223-1279

Doç. Dr., Serhat DUMAN

Bandırma Onyediy Eylül Üniversitesi, - 0000-0002-1091-125X

Arş. Gör., Yunus BALCI

Bandırma Onyediy Eylül Üniversitesi, - 0000-0002-8584-109X

ÖZET

Çok makinalı güç sistemleri çeşitli nedenlerden dolayı geçici kararlılık problemleri ile karşı karşıya kalabilmektedir. Bunlar genelde hat kopması ve arıza durumlarıdır. Bu problemlerin ortadan kaldırılması için güç sistemlerinde senkron generatör modelinde çeşitli geçici durum iyileştirici denetleyiciler tercih edilmektedir. Senkron generatörde en yaygın olarak kullanılan modeller Otomatik Gerilim Kontrolü (OGR), Güç Sistemi Kararlı Kılıcısı (GSKK) ve Türbin Yöneticisi (TY) modelleridir. Ancak bu modellerin senkron generatörde uygun bir şekilde kullanılabilmesi için derece modelinin belirlenmesi gerekmektedir. Dahası OGR, GSKK ve TY modellerin geçici kararlılık çalışmasında sistem salınımlarını bastırmak ve sistemin kısa süre içerisinde kararlı hale gelmesi için pilot baraya bağlı olarak sekonder gerilim kontrolü kullanılabilir. Sekonder gerilim kontrolünün kullanımı için en uygun pilot bara belirlenerek, senkron generatörde OGR, GSKK ve TY modellerin koordinasyon kontrolünün sağlanması amaçlanmıştır. Bu çalışmada senkron generatör modellerinde farklı derece modelleri ve sekonder gerilim kontrolü birlikte kullanılarak çok baralı sistemde geçici kararlılık durumları incelenmiştir. Bu çalışma Güç Sistemleri Analizi Programı (PSAT)'da analiz edilmiştir. Sekonder gerilim kontrolü merkezi alan kontrolü ve küme kontrolünden oluşmaktadır. Bu çalışma için Elektrik Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (IEEE)'nin 14 baralı sistemi tercih edilmiştir. Senkron generatörde derece modelleri olarak 2. ve 6. derece modelleri tercih edilmiştir. Her iki derece modelinde sekonder gerilim kontrolünün kullanılması ile karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu karşılaştırmalarda açısız hız, gerilim, aktif ve reaktif güç parametreleri kullanılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda 6. derece modeli ve sekonder gerilim kontrolünün 2. derece modeli ve sekonder gerilim kontrolüne göre daha iyi sonuçlar verdiği bu çalışmada görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Farklı derece modelleri, sekonder gerilim kontrolü, PSAT, geçici kararlılık

ABSTRACT

Multi-machine power systems may face stability problems owing to the various reasons. These are generally line contingency and fault situations. In order to eliminate these problems, various transient recovery controllers are preferred in the synchronous generator model in power systems. The most commonly used models in synchronous generator are Automatic Voltage Regulator(AVR), Power System Stabilizer PSS) and Turbine Governor (TG) models. However, in order to use these models in a synchronous generator, the order model must be determined. Moreover, in the transient stability study of AVR, PSS and TG models, secondary voltage control can be used depending on the pilot bus to suppress the system oscillations and to stabilize the system in a short time. It is aimed to provide coordination control of AVR, PSS and TG models in synchronous generator by determining the most suitable pilot bus for the use of secondary voltage control. In this study, the transient stability conditions in the multi-bus system were investigated by using different order models and secondary voltage control together in synchronous generator models. This study was analyzed in the Power Systems Analysis Program (PSAT). Secondary voltage control consists of central area control and cluster control. For this study, the 14 bus system of the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) was preferred. In synchronous generator, 2nd and 6th order models were preferred as order models. Comparisons are made with the use of secondary voltage control in both degree models. Angular speed, voltage, active and reactive power parameters were used in these comparisons. As a result of the comparisons, it was seen in this study that the 6th order model and secondary voltage control gave better results than the 2nd order model and secondary voltage control.

Keywords: Different order models, secondary voltage control, PSAT, transient stability

GİRİŞ

Geçici kararlılık durumlarında çok makinalı güç sistemlerinde çalışma koşullarının belli bir değer aralığında olması ve işletme güvenliğinin sağlanmasında sekonder gerilim kontrolü önemli bir rol oynamaktadır. Pilot barada referansa bağlı olarak merkezi alan kontrolü ve küme kontrolünden oluşan sekonder gerilim kontrolü ile ilgili literatürde bir çok çalışma bulunmaktadır. Güç sistemlerinde gerilim kararlılığını iyileştirmek için sekonder gerilim kontrolü tercih edilmektedir. Kritik baranın belirli kriterlere göre belirlenmesi ile pilot baraya bağlı olarak sistem çatlama analizi gerçekleştirilmiştir [1]. Dahası çok baralı sistemlerde iletim hatlarında güç transferini maksimum seviyeye çıkarmak için sekonder gerilim kontrolünün çok etkili bir çözüm olarak ortaya konduğu ilgili çalışmada gösterilmiştir. Güç transfer limitlerinin artırılması ile buna bağlı olarak gerilim kararlılığı limitlerinin artırılması söz konusudur [2]. Sekonder gerilim kontrolünde yük barasındaki değişimlere kontrol etmede önemli bir avantajı bulunmaktadır. Yük baralarındaki sürekli değişim durumları pilot baraya bağlı olarak önceden tahminleme işlemlerinde sekonder gerilim kontrolü yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [3,4]. Güç sistemlerinde kompanzasyon ayarlama durumlarını kademeli bir şekilde yapmak için sekonder gerilim kontrolü kullanılmaktadır. Sistem çalışma koşullarına göre koordineli bir şekilde sekonder gerilim kontrolü sistemi endüktif-kapasitif modda ayarlamaktadır [5]. Çok baralı güç sisteminde sekonder gerilim kontrolünün kullanıldığı diğer

bir kullanım durumu da empedans kontrolüdür. Pilot baraya bağlı olarak iletim hattındaki endüktif-kapasitif duruma göre sekonder gerilim kontrolü empedans ayarlaması yaparak sistem kararlılığını sağlayabilmektedir. iletim hattında empedans kontrolünü sağlama için sekonder gerilim kontrolü kullanılmaktadır [6]. Kompanzasyon oranlarını ayarlama ve endüktif-kapasitif çalışma modlarını ayarlama etkili olan sekonder gerilim kontrolü Esnek AC İletim Sistemi (FACTS) cihazların ile birlikte koordineli bir şekilde çalışmaktadır. Güç elektroniği tabanlı olan FACTS cihazlarından Statik Senkron Kompanzatör (STATCOM) ve Statik Var Kompanzatör (SVC) ile hem bara hem de baraların kontrolü etkili bir şekilde sağlanmaktadır [7-9]. Çok makineli güç sistemlerinde sekonder gerilim kontrolünün çalışmasında uygun parametreler belirlenmediği durumda sistem kararsız çalışabilmektedir. Sekonder gerilim kontrolünün optimum parametrelerinin belirlenmesinde üçüncü bir gerilim kontrolü modeli kullanılmaktadır. Birlikte koordineli çalışma durumunda sistem kısa süre içerisinde kararlı hale gelebilmektedir [10,11].

Yapılan bu çalışmada senkron generatörlerde kullanılan OGR, GSKK ve TY modellerin koordinasyon kontrolünün sağlanması için geçici kararlılık çalışmasında sekonder gerilim kontrolü ve farklı derece modellerin etkileri incelenmiştir. Farklı derece modelinde senkron generatörün çok makineli güç sisteminde oluşturmuş olduğu etkiler incelenmiş olup, elde edilen sonuçlar detaylı bir şekilde yorumlanmıştır.

SEKONDER GERİLİM KONTROLÜ

Sekonder gerilim kontrolü merkezi alan kontrolü ve küme kontrolü bileşenlerinden oluşmaktadır. Merkezi alan kontrolü pilot baradan yapılarak küme kontrolünden alınan bilgileri koordine eder. Küme kontrolü Oransal Integral (PI) denetleyicisini içerir ve yerel bileşenlerin kontrolünü sağlar. Bu çalışmada senkron generatörlere OGR ile birlikte GSKK ilave edilerek bu sistemlerin kontrolü küme kontrolü metodu ile sağlanmıştır. Sekonder gerilim kontrolü, merkezi alan kontrolü ve küme kontrolü ile geçici durum anında koordinasyon sağlamaktadır. IEEE 14 baralı güç sisteminin 14 numaralı barası pilot bara olarak kullanılmaktadır [12].

Sekonder gerilim kontrolünde kullanılan ifadeler denklem 1 ile denklem 4 arasında gösterilmiştir.

$$\frac{dq}{dt} = K_I (V_{Pref} - V_P)$$

(1)

$$q = q_1 + K_P (V_{Pref} - V_P)$$

(2)

$$\frac{dv_{Sg}}{dt} = \frac{1}{T_g} (x_{tg} + x_{eqg}) \times (Q_{gr} q - Q_g) \quad (3)$$

$$\frac{dv_{SVC}}{dt} = \frac{1}{T_{SVC}} x_{eqg\ SVC} (Q_{SVCr} q - Q_{SVC}) \quad (4)$$

Burada, v_{sg} ve v_{sSVC} OGR ve sekonder gerilim kontrolü için çıkış sinyali, x_{tg} generatöre bağlanan transformatör reaktansı x_{eqg} ve x_{eqSVC} generatör ve pilot baranın hesaplanan eşdeğer

reaktansı, V_{Pref} referans pilot bara gerilimi, V_p pilot bara gerilimi, K_I ve K_P denetleyici kazancı ve kontrol kazancı, q maksimum ve minimum çıkış sinyali, q_1 durum değişkeni, T_g ve T_{SVC} generatör ve sekonder gerilim kontrol katsayılarıdır. MAK ve KK modelde anti wind-up sınırlandırıcı kullanılmaktadır.

SENKRON GENERATÖRDE KULLANILAN DERECE MODELLERİ

Bu çalışmada kullanılan senkron generatörler 2. derece modelinde ve 6. derece modelinde kullanılmıştır. 2. derece modelinde d-q eksen elektromanyetik devreler ihmal edilmiştir. Bu modelde açı ve açısal hız değişiklikleri tanımlanmaktadır. 2. derece modelde açı ve açısal hız ifadeleri denklem 5 ve denklem 6'da gösterilmiştir.

$$\delta = f_b(\omega - 1) \quad (5)$$

$$\omega = (P_m - P_e - D(\omega - 1))/M \quad (6)$$

Senkron generatörde kullanılan 6. derece modelinde d eksenine bir devre ilave edilirken q eksenine iki devre ilave edilir. 6. derece modeli açısal hız, açı, d eksen geçici gerilim kaynağı, q eksen geçici gerilim kaynağı, d eksen alt geçici gerilim kaynağı ve q eksen alt geçici gerilim kaynağından oluşmaktadır. Bu 6 ifadenin varlığından dolayı 6. derece modeli olarak isimlendirilmektedir. Bu derece modelinin elde edilmesinde kullanılan ifadeler denklem 7 ve denklem 12 arasında gösterilmiştir.

$$\delta = f_b(\omega - 1) \quad (7)$$

$$\omega = (P_m - P_e - D(\omega - 1))/M \quad (8)$$

$$e'_q = -e'_q - \left(x_d - x'_d - \frac{T''_{d0} x''_d}{T'_{d0} x'_d} (x_d - x'_d) \right) i_d + (1 - \frac{T_{AA}}{T'_{d0}}) v_f^* / T'_{d0} \quad (9)$$

$$e'_d = (-f_s(e'_d) + \left(x_q - x'_q - \frac{T''_{q0} x''_q}{T'_{q0} x'_q} (x_q - x'_q) \right) i_q) / T'_{q0} \quad (10)$$

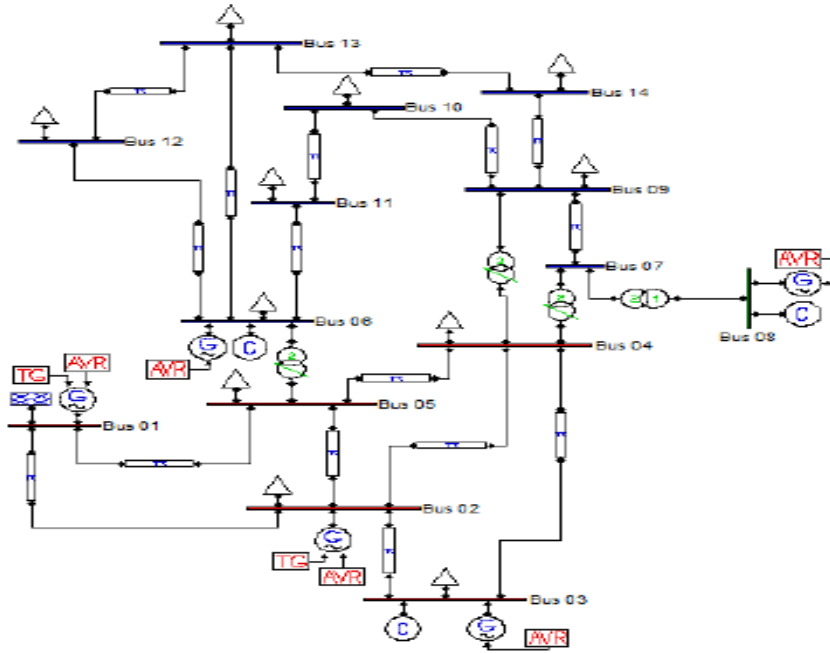
$$e''_q = (-e''_q + e'_q - \left(x'_d - x''_d + \frac{T''_{d0} x''_d}{T'_{d0} x'_d} (x_d - x'_d) \right) i_d + \frac{T_{AA}}{T'_{d0}} v_f^*) / T''_{d0} \quad (11)$$

$$e''_d = (-e''_d + e'_d + \left(x'_q - x''_q + \frac{T''_{q0} x''_q}{T'_{q0} x'_q} (x_q - x'_q) \right) i_q) / T'_{q0} \quad (12)$$

Burada; d-q eksen alt geçici gerilim kaynağı, e''_d ve e''_q ; mekanik güç, P_m ; temel frekans, f_b ; sönümleme katsayısı, D ; d-q eksen açık devre geçici zaman sabiti, T'_{d0} ve T'_{q0} ; moment, M ; d-q eksen senkron reaktanslar, x_d ve x_q ; d-q eksen ilave kaçak zaman sabiti, T_{AA} ; d-q eksen senkron geçici reaktanslar, x'_d ve x'_q ; d-q eksen senkron alt geçici reaktanslar, x''_d ve x''_q ; d-q eksen açık devre alt geçici zaman sabiti, T''_{d0} ve T''_{q0} , alan gerilimi, v_f , d-q eksen akımı, i_d and i_q ; rotor açısı, δ ; rotor hızı, w ; d-q eksen geçici gerilim kaynağı, e'_d ve e'_q ile ifade edilir [13].

BENZETİM ÇALIŞMASI

Bu çalışmada IEEE 14 baralı sistem analiz edilmiştir. IEEE 14 baralı sistem Görsel 1'de gösterilmiştir.

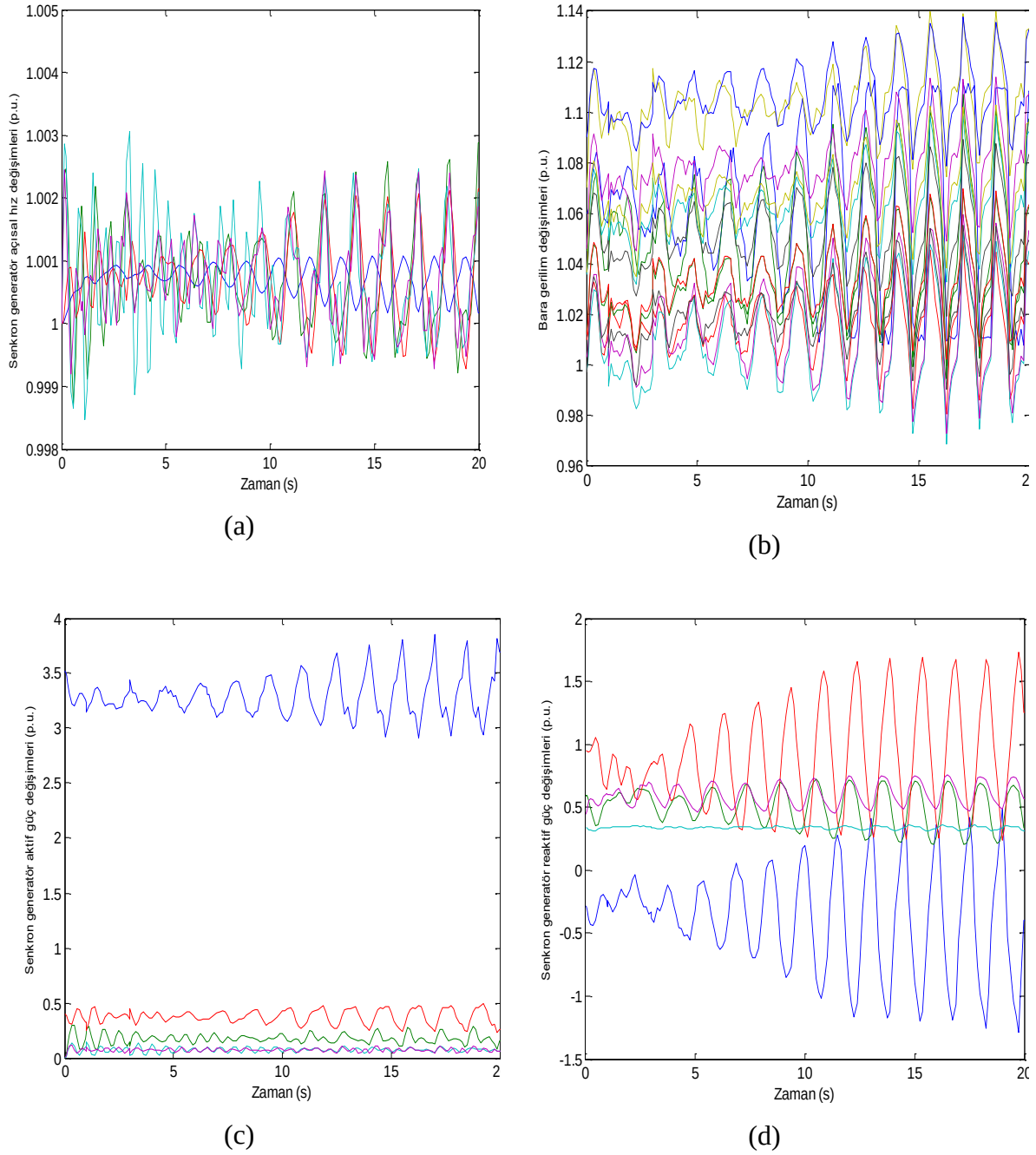


Görsel 1. IEEE 14 baralı güç sistemi

IEEE 14 baralı güç sisteminde 1 numaralı bara referans barasıdır. Generatör baraları 2,3,6 ve 8 numaralı baralardır. Diğer baralar (4,5,7,9,10,11,12,13 ve 14) yük barası olarak konumlandırılmıştır. Güç sisteminde senkron generatörler OGR sistemleri ile donatılmıştır. Sekonder gerilim kontrolünde kullanılan pilot bara 14 numaralı bara olarak belirlenmiştir. 1,2 ve 6 numaralı baralarda OGR ile birlikte GSKK kullanılmıştır. Sekonder gerilim kontrolü gereği 14 numaralı pilot baraya merkezi alan kontrolü modeli bağlanmıştır. Küme kontrolü ise 3 ve 8 numaralı baralarda bulunan OGR'lere bağlanarak yapılmıştır. Geçici kararlılık durumunun oluşturulması için 2 ve 4 numaralı hatlar arasında açma kapama işlemi yapılmıştır. Sekonder gerilim kontrolü generatörlerin farklı derece modelleri ile incelenmiştir. Analizler senkron generatörlerin açısal hız değişimleri, bara gerilimleri, aktif ve reaktif güç değişimlerinin incelenmesiyle yapılmıştır.

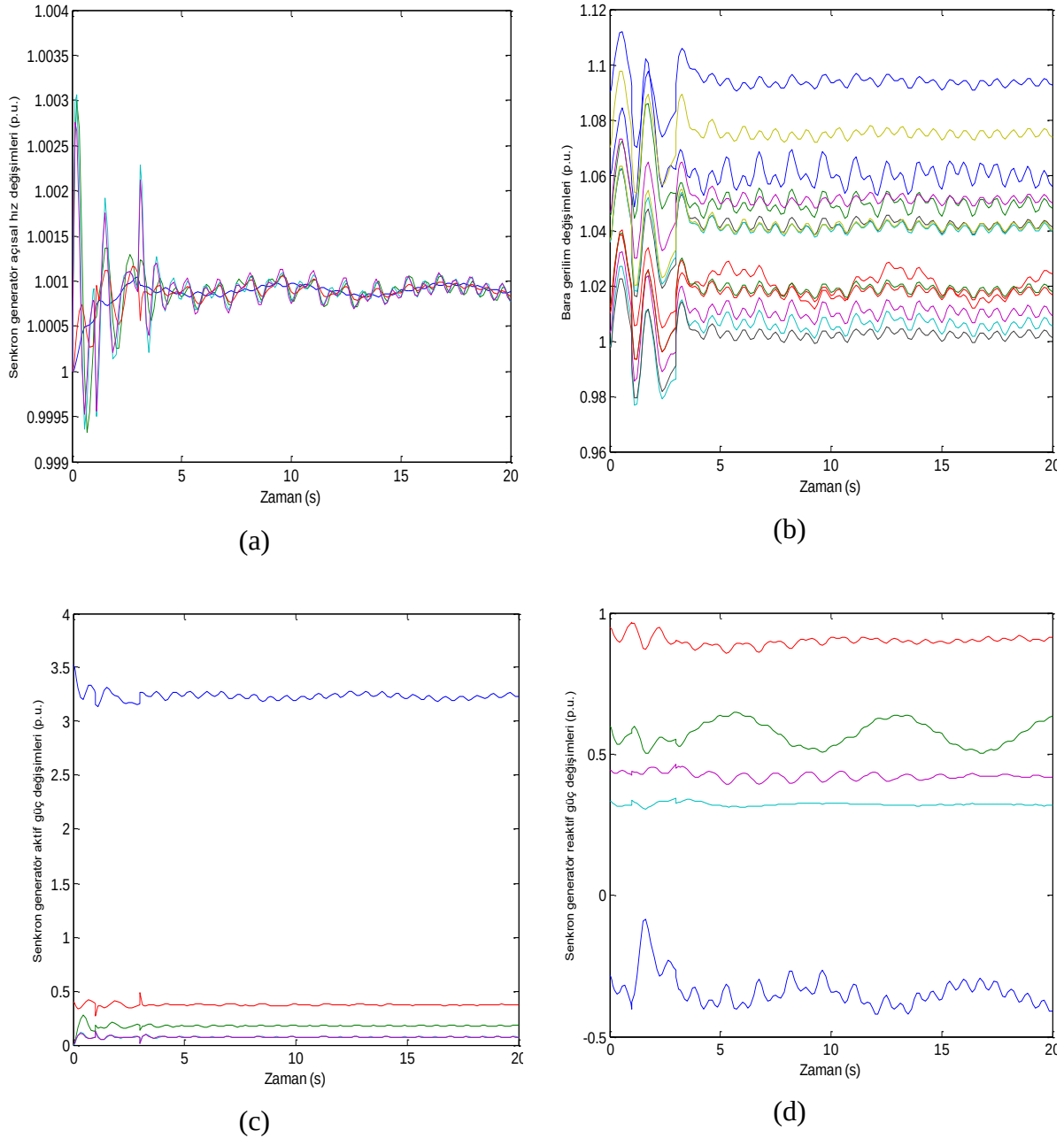
BENZETİM ÇALIŞMASI SONUÇLARI

IEEE 14 baralı güç sisteminde öncelikli olarak senkron generatörlerde 2. derece modeli kullanılmıştır. Senkron generatörlerde 2. derece modelinin kullanılması ile elde edilen açısal hız, bara gerilimleri ve senkron generatör aktif-reaktif güç sonuçlar şekil 2'de gösterilmiştir.



Görsel 2. 2. derece modeli ile elde edilen sonuçlar; (a) açısal hız değişimi, (b) bara gerilim değişimi, (c) aktif güç değişimi, (d) reaktif güç değişimi

Şekil 2’de verilen sonuçlar detaylı olarak incelendiğinde senkron generatörde 2. derece modelinin kullanılması ile sistemin kararsız bir hal aldığı görülmektedir. Senkron generatör açısal hız, açı ve aktif-reaktif güç değişimlerinde salınımların sönümlenmediği görülmektedir. Dahası parametrelerin kararlı bir hal almadığı görülmektedir. Senkron genetatörde 6. derece modelin senkron generatörde kullanılması ile elde edilen sonuçlar Görsel 3’de gösterilmiştir.



Görsel 3. 6. derece modeli ile elde edilen sonuçlar; (a) açısal hız değişimi, (b) bara gerilim değişimi, (c) aktif güç değişimi, (d) reaktif güç değişimi

Elde edilen sonuçlar neticesinde senkron generatörde 6. derece modelin kullanılması ile sistemin kararlı hale geldiği görülmektedir. Bunun yanısıra geçici durum sonrasında sistem salınımlarının azaldığı görülmektedir.

SONUÇLAR

Bu çalışmada IEEE 14 baralı güç sisteminde senkron generatörlerde sekonder gerilim kontrolü ile farklı derece modelleri kullanılarak geçici kararlılık analizi incelenmiştir. sekonder gerilim kontrolü için bu çalışmada pilot bara 14 numaralı bara seçilmiştir. Bu çalışmada senkron generatörde OGR 2 modeli ve GSKK 1 modelleri kullanılmıştır. İki analiz şeklinde incelenen çalışmada 2. derece modelin senkron generatörde kullanılması ile sistemin kararsız olduğu ve

salınımların azalmadığı görülürken, 6. derece modelinin senkron generatörde kullanılması ile salınımların azaldığı ve sistemin kararlılığa ulaştığı görülmektedir. Sekonder gerilim kontrolünün 6. derece modeli ile birlikte kullanılması durumunda daha etkileyici sonuçlar elde edilmiştir. Parametrelerde içerisinde en çok etkilenen parametre aktif güç olurken, en az etkilenen parametre açısal hız olmuştur. Bu çalışma ile farklı güç sistemlerinde farklı derece modelleri ve farklı senkron denetleyici modelleri ile çeşitli kararlılık analizlerinin yapılmasına olanak sağlamaktadır. Dahası güç elektroniği tabanlı kompanzasyon sistemleri, yenilenebilir enerji kaynakları ve enerji depolama sistemi elemanlarının farklı güç sistemlerinde geçici kararlılık çalışmalarında beraber kullanılabileceğine zemin hazırlamaktadır.

KAYNAKÇA

- [1] Popović, D.S. (1997). Impact of secondary voltage control on voltage stability. Electric power systems research, 40(1), 51-62. doi: [https://doi.org/10.1016/S0378-7796\(96\)01136-4](https://doi.org/10.1016/S0378-7796(96)01136-4)
- [2] Canizares, C.A., Cavallo, C., Pozzi, M., ve Corsi, S. (2005). Comparing secondary voltage regulation and shunt compensation for improving voltage stability and transfer capability in the Italian power system. Electric Power Systems Research, 73(1), 67-76. doi: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2004.06.005>
- [3] Mehrjerdi, H., Lefebvre, S., Saad, M., ve Asber, D. (2012). A decentralized control of partitioned power networks for voltage regulation and prevention against disturbance propagation. IEEE Transactions on Power Systems, 28(2), 1461-1469. Doi: <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2012.2225154>
- [4] Islam, S.R., Muttaqi, K.M., ve Sutanto, D. (2014). A decentralized multiagent-based voltage control for catastrophic disturbances in a power system. IEEE Transactions on Industry Applications, 51(2), 1201-1214. <https://doi.org/10.1109/TIA.2014.2350072>
- [5] Lefebvre, H., Fragnier, D., Boussion, J. Y., Mallet, P., ve Bulot, M. (2000, July). Secondary coordinated voltage control system: feedback of EDF. In 2000 Power Engineering Society Summer Meeting (Cat. No. 00CH37134) (Vol. 1, pp. 290-295). IEEE. Doi: <https://doi.org/10.1109/PESS.2000.867598>
- [6] da Silva, R.J.G., De Souza, A.Z., Leme, R.C., ve Sonoda, D. (2013). Decentralized secondary voltage control using voltage drop compensator among power plants. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 47, 61-68. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2012.10.009>
- [7] Mehrjerdi, H., Lefebvre, S., ve Saad, M. (2015). STATCOM application for decentralized secondary voltage control of transmission networks. In Static Compensators (STATCOMs) in Power Systems (pp. 531-556). Singapore: Springer. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-287-281-4_16
- [8] Nguyen, T.T., ve Nguyen, V. L. (2005, June). Application of wide-area network of phasor measurements for secondary voltage control in power systems with FACTS controllers.

- In IEEE Power Engineering Society General Meeting, 2005 (pp. 2927-2934). IEEE. Doi: <https://doi.org/10.1109/PES.2005.1489418>
- [9] Paserba, J.J. (2002, July). Secondary voltage-VAr controls applied to static compensators (STATCOMs) for fast voltage control and long term VAr management. In IEEE Power Engineering Society Summer Meeting, (Vol. 2, pp. 753-761). IEEE. Doi: <https://doi.org/10.1109/PESS.2002.1043415>
- [10] Hernandez, B., Canizares, C.A., Ramirez, J.M., Hu, B., ve Liu, M. (2018, June). Secondary and tertiary voltage regulation controls based on regional optimal power flows. In 2018 Power Systems Computation Conference (PSCC) (pp. 1-7). IEEE. <https://doi.org/10.23919/PSCC.2018.8442443>
- [11] Hu, B., Cañizares, C.A., ve Liu, M. (2010, August). Secondary and Tertiary Voltage Regulation based on optimal power flows. In 2010 IREP Symposium Bulk Power System Dynamics and Control-VIII (IREP) (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IREP.2010.5563306>
- [12] Pillai, A. G., Thomas, P. C., Sreerenjini, K., Baby, S., Joseph, T., ve Srecdharan, S. (2013, June). Transient stability analysis of wind integrated power systems with storage using central area controller. In 2013 Annual International Conference on Emerging Research Areas and 2013 International Conference on Microelectronics, Communications and Renewable Energy (pp. 1-5). IEEE. doi: <https://doi.org/10.1109/AICERA-ICMiCR.2013.6575991>
- [13] F. Milano, (2005) Documentation for PSAT version 1. 3. 4., <https://dokumen.tips/documents/psat-134.html?page=1> (Eşirir tarihi: 02.04.2023)

OGR SİSTEMİ İÇİN PIDD² DENETLEYİCİ PARAMETRELERİNİN dFDB-MRFO ALGORİTMASI İLE BELİRLENMESİ

DETERMINATION OF PIDD² CONTROLLER PARAMETERS FOR AVR SYSTEM
WITH dFDB-MRFO ALGORITHM

Öğr. Gör., Muhammet DEMİRBAŞ

Kastamonu Üniversitesi, - 0000-0002-5223-1279

Doç. Dr., Serhat DUMAN

Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, - 0000-0002-1091-125X

Doç. Dr., M. Kenan DÖŞOĞLU

Düzce Üniversitesi, - 0000-0001-8804-7070

Arş. Gör., Yunus BALCI

Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, - 0000-0002-8584-109X

ÖZET

Güç sistemlerinde enerji üretimini sağlayan senkron generatörlerin terminal gerilimlerinde tüketici yüklerinin değişimine ve arıza durumuna bağlı olarak dalgalanmalar oluşabilir. Terminal gerilimlerinde yaşanabilecek değişimleri ortadan kaldırmak için senkron generatörler Otomatik Gerilim Regülatörleri (OGR)'ler ile donatılmaktadır. OGR'ler senkron generatörlerin terminal gerilimlerini ölçerek referans gerilim ile kıyaslar ve hata sinyali üretir. Bu hata sinyali bir denetleyici tarafından işlenerek senkron generatörün çıkış gerilimi düzenlenir. OGR'ler çoğunlukla Oransal-İntegral-Türevsel (PID) denetleyicisi ile birlikte kullanılmaktadır. Ancak sistem performansını iyileştirmek için çeşitli denetleyici tasarımları da önerilmektedir. İkinci bir türev kazancının eklenmesiyle oluşturulan PIDD² denetleyicisi önerilen denetleyici tasarımları arasında öne çıkmaktadır. Kullanılan denetleyici yapılarının kontrol parametrelerinin belirlenmesi önemli bir sorun olarak araştırmacıların karşısına çıkmaktadır. Bu sorunu çözmek için Metasezgisel Optimizasyon Algoritmaları sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çalışmada OGR sisteminde kullanılan PID ve PIDD² denetleyicilerinin kontrol parametreleri Dinamik Uygunluk Mesafe Dengesi (dFDB) yöntemi ile geliştirilmiş Manta Vatozu Yiyecek Arama Algoritması (MRFO) ile belirlenmiştir. Tasarlanan OGR sistemleri adım yanıtı ve bode analizi ile incelenerek elde edilen sonuçlar literatürdeki çalışmalar ile kıyaslanmıştır. dFDB-MRFO algoritmasının PID ve PIDD² denetleyicisinin kontrol parametrelerini belirleme konusunda literatürdeki diğer çalışmalara göre üstün performansı adım yanıtı ve bode analizi sonuçlarının çizelgeler ve görseller halinde verilip yorumlanmasıyla gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Otomatik Gerilim Regülatörü (OGR), Dinamik Uygunluk Mesafe Dengesi (dFDB), Manta Vatozu Yiyecek Arama Algoritması (MRFO), PID ve PIDD² denetleyicileri

ABSTRACT

In power systems, fluctuations may occur in terminal voltages of synchronous generators, which provide energy production, depending on the change of consumer loads and the fault situation. Synchronous generators are equipped with Automatic Voltage Regulators (AVRs) to eliminate changes in terminal voltages. AVRs measure the terminal voltages of synchronous generators, compare them with the reference voltage and generate an error signal. This error signal is processed by a controller and the output voltage of the synchronous generator is regulated. AVRs are mostly used in conjunction with a Proportional-Integral-Derivative (PID) controller. However, various controller designs are also proposed to improve system performance. The PIDD² controller, created by adding a second derivative gain, stands out among the proposed controller designs. Determining the control parameters of the controller structures used is an important problem for researchers. Metaheuristic Optimization Algorithms are frequently used to solve this problem. In this study, the control parameters of the PID and PIDD² controllers used in the AVR system were determined by the Manta Ray Foraging Algorithm (MRFO) developed by the Dynamic Fitness Distance Balance (dFDB) method. The designed AVR systems were examined with step response and bode analysis and the results obtained were compared with the studies in the literature. The superior performance of the dFDB-MRFO algorithm in determining the control parameters of the PID and PIDD² controller compared to other studies in the literature has been demonstrated by giving and interpreting the step response and bode analysis results in charts and visuals.

Keywords: Automatic Voltage Regulator (AVR), Dynamic Fitness Distance Balance (dFDB), Manta Ray Foraging Algorithm (MRFO), PID and PIDD² controllers

GİRİŞ

Güç sistemlerinde enerji üretimi senkron generatörler ile yapılmaktadır. Tüketici yüklerinde meydana gelen değişiklikler ve sistemde oluşan arızalar senkron generatörlerin terminal gerilimlerinde dalgalanmalara neden olabilir. Yaşanan dalgalanmaları sönmüleyerek, gerilim seviyesini kontrol eden ve düzenleyen cihazlara Otomatik Gerilim Regülatörleri (OGR) denir [1]. OGR'lerin performansları senkron generatörlerin terminal gerilimlerinde meydana gelen salınımları sönmülemek için tek başlarına yeterli olmaz. Bu nedenle OGR'ler çeşitli denetleyici yapıları ile birlikte kullanılmaktadır. Son yıllarda metasezgisel algoritmaların da gelişmesiyle bu denetleyicilerin kontrol parametrelerinin belirlenmesi ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır. Oransal-İntegral-Türevsel (PID) denetleyicisi OGR sisteminde kullanılan en popüler denetleyicidir. Ancak son yıllarda OGR performansını geliştirebilmek için Kesir Dereceli PID (FOPID), Bulanık Mantık Tabanlı PID, PIDD² ve bunların çeşitli varyasyonları kullanılmıştır [2-6]. Araştırmacıların yaptıkları çalışmalar incelendiğinde PIDD² denetleyicisi üstün performansı ile öne çıkmaktadır [6].

Denetleyicilerin kontrol parametrelerinin belirlenmesi için metasezgisel optimizasyon algoritmaları sıklıkla kullanılmaktadır. Parçacık Sürüsü Optimizasyonu (PSO) [5], Denge Optimizasyon Algoritması (EO) [7], Salp Sürü Optimizasyon Algoritması (SSA) [8], Sinüs-Kosinüs Algoritması (SCA) [9], Böbrek İlhamlı Algoritma (KA) [1], Geliştirilmiş Böbrek İlhamlı Algoritma (IKA) [10], Balina Optimizasyon Algoritması (WOA) [11], Geliştirilmiş Balina Optimizasyon Algoritması (IWOA) [6] bu algoritmalarından birkaçıdır. 2020 yılında metasezgisel optimizasyon algoritmalarını çözüm adayı belirleme konusunda geliştirmek amacıyla Uygunluk Mesafe Dengesi (FDB) yöntemi geliştirilmiştir [12]. FDB yöntemi araştırmacılar tarafından ilk olarak Simbiyotik Organizma Arama Algoritması (SOS) üzerinde uygulanmıştır. Geliştirilen FDB-SOS algoritmasının etkinliği çalışmada

gösterilmiştir [12]. Metasezgisel optimizasyon algoritmalarının farklı türlerdeki optimizasyon problemlerine adapte olabilmesi için FDB yöntemi üzerinde değişiklikler yapılarak Dinamik FDB yöntemi geliştirilmiştir [13]. Dinamik FDB yöntemi ilk olarak Manta Vatozu Yiyecek Arama Algoritması (MRFO) üzerinde uygulanmıştır [13].

Metasezgisel optimizasyon algoritmaları, bir amaç fonksiyonunun minimizasyonu hedefleyerek arama uzayındaki çözüm adaylarını değerlendirirler. Dolayısıyla değerlendirme kriteri olarak kullanılacak amaç fonksiyonunun belirlenmesi son derece önemli bir konudur. OGR sisteminin optimizasyonu için literatürde en sık kullanılan amaç fonksiyonları; Hatanın Mutlak Değerinin İntegrali (IAE) [14], Zamanın İntegrali ile Çarpılan Mutlak Hata (ITAE) [15], Zaman Ağırlıklı Karesel Hatanın İntegrali (ITSE) [16] ve Hatanın Karesinin İntegrali (ISE) [17] olsa da; araştırmacılar tarafından metasezgisel optimizasyon algoritmalarının performansını iyileştirmek için çeşitli amaç fonksiyonları önerilmiştir [6, 18].

Mokeddem ve Mirjaleli geliştirmiş oldukları Geliştirilmiş Balina Optimizasyon Algoritması (IOWA) ile OGR sistemi için PIDD² denetleyici parametrelerini belirleyerek denetleyicinin üstün performansını göstermişlerdir [6]. Bu çalışmada dFDB-MRFO algoritması kullanılarak PIDD²-OGR tasarımı yapılmıştır.

2. MATERYEL VE METOD

2.1. dFDB-MRFO Algoritması

2020 yılında Zhao ve arkadaşları tarafından gerçek dünyadaki mühendislik problemlerini çözmek amacıyla literatürde sunulan optimizasyon algoritmalarına alternatif olması amacıyla Manta Vatozu Yiyecek Arama Algoritması (MRFO) önerilmiştir. MRFO algoritması Manta Vatozlarının zincir, siklon ve takla atarak yaptıkları yiyecek arama stratejilerini taklit etmektedir [19]. 2022 yılında Kahraman ve arkadaşları dFDB yöntemini önermiş ve MRFO algoritmasının arama süreci yaşam döngüsünü önerilen dFDB yöntemini kullanarak geliştirilmiş ve literatüre sunmuştur. Geliştirilen dFDB-MRFO algoritmasının rekabetçi bir algoritma olduğu, yapılan incelemeler sonucunda göstermiş olduğu üstün performanstan yola çıkılarak, belirtilmiştir [13]. dFDB-MRFO algoritmasının sözde kodu Çizelge 1’de verilmiştir [13]. Algoritma ile ilgili detaylı bilgiye ilgili referanstan ulaşılabilir [13].

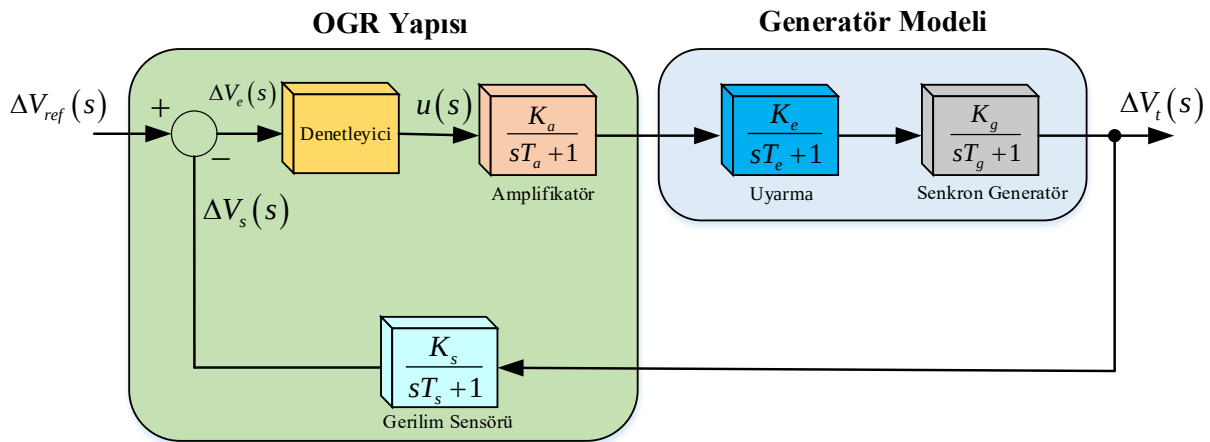
Çizelge 3. dFDB-MRFO algoritmasının sözde kodu [13].

1.	Başla
2.	P: n boyutlu bir popülasyon oluşturulur. F= Uygunluk vektörü oluşturulur.
3.	while (arama süreci yaşam döngüsü: amaç fonksiyonu değerlendirme sayısı) {
4.	for i=1:N
5.	If (rand<0.5) // Siklon yiyecek arama stratejisi
6.	If (t/T _{max} <rand)
7.	$x_{rand} = x_l + rand(x_u - x_l)$
8.	$x_i^d(t+1) = \begin{cases} x_{rand}^d + r.(x_{rand}^d - x_i^d(t)) + \beta.(x_{rand}^d - x_i^d(t)), i = 1 \\ x_{rand}^d + r.(x_{i-1}^d(t) - x_i^d(t)) + \beta.(x_{rand}^d - x_i^d(t)), i = 2, \dots, N \end{cases}$
9.	Else

10.	$x_i^d(t+1) = \begin{cases} x_{best}^d + r \cdot (x_{best}^d - x_i^d(t)) + \beta \cdot (x_{best}^d - x_i^d(t)), i = 1 \\ x_{best}^d + r \cdot (x_{i-1}^d(t) - x_i^d(t)) + \beta \cdot (x_{best}^d - x_i^d(t)), i = 2, \dots, N \end{cases}$
11.	End if
12.	Else // Zincir yiyecek arama stratejisi (dFDB seçim yöntemi kullanılır.)
13.	$x_i^d(t+1) = \begin{cases} x_i^d + r \cdot (x_{best}^d - x_i^d(t)) + \beta \cdot (x_{dFDB}^d - x_i^d(t)), i = 1 \\ x_i^d + r \cdot (x_{i-1}^d(t) - x_i^d(t)) + \beta \cdot (x_{dFDB}^d - x_i^d(t)), i = 2, \dots, N \end{cases}$
14.	End if
15.	//Güncelleme süreci If (Uygunluk $x_i(t+1) > x_i(t)$) then $x_i(t) > x_i(t+1)$ ve If (Uygunluk $x_i(t) > x_{best}(t)$) then $x_{best}(t) > x_i(t)$
16.	End if End for
17.	//Takla atarak yiyecek arama stratejisi
18.	for i=1:N
19.	$x_i^d(t+1) = x_i^d(t) + S \cdot (r_2 \cdot x_{best} - r_3 \cdot x_i(t))$
20.	//Güncelleme süreci
21.	End for
22.	End while

2.2. Otomatik Gerilim Regülatörü (OGR)

Güç sistemlerinde olumsuz etkilerden dolayı reaktif güç talebinde artış meydana gelebilir. Reaktif güç talebindeki bu artış senkron generatörlerin terminal gerilimlerinde dalgalanmaya neden olur. Bu durumun önüne geçmek için senkron generatörler OGR sistemleri ile donatılmaktadır. OGR'ler senkron generatörün uyarım akımını düzenleyerek gerilimdeki dalgalanmayı sönmölemeye çalışır. OGR sistemi Amplifikatör, Uyarma, Senkron Generatör ve Sensör ile modellenir. OGR sisteminin kapalı çevrim transfer fonksiyonu Görsel 1'de verilmiştir.



Görsel 1. OGR sistemi kapalı çevrim transfer fonksiyonu.

OGR sisteminin kapalı çevrim transfer fonksiyonunu gösteren Görsel 1’de; referans giriş gerilimi $\Delta V_{ref}(s)$ ile, sensör çıkış gerilimi $\Delta V_s(s)$ ile, hata gerilimi $\Delta V_e(s)$ ile, senkron generatörün terminal gerilimi $\Delta V_t(s)$ ile sembolize edilmiştir. Amplifikatör, Uyarma, Senkron Generatör ve Gerilim Sensörü kazançları sırasıyla; K_a , K_e , K_g ve K_s ile sembolize edilmiştir. Ayrıca zaman sabitleri sırasıyla; T_a , T_e , T_g , T_s ile sembolize edilmiştir. Bu parametrelerin sınır değerleri ile yapılan PIDD²-OGR çalışmasında kullanılan değerleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 4. OGR sisteminde yer alan parametreler ve seçilen değerler.

OGR Sistemi Bileşenleri	Parametre Sınırları [20]	Çalışmada Kullanılan Parametre Değerleri [20]
Amplifikatör	$10 \leq K_a \leq 40$ $0.02 \leq T_a \leq 0.1$	$K_a=10$ $T_a=0.1$
Uyarma	$1 \leq K_e \leq 10$ $0.4 \leq T_e \leq 1$	$K_e=1$ $T_e=0.4$
Senkron Generatör	$0.7 \leq K_g \leq 1$ $1 \leq T_g \leq 2.0$	$K_g=1$ $T_g=1$
Gerilim Sensörü	$K_s=1$ $0.001 \leq T_s \leq 0.06$	$K_s=1$ $T_s=0.01$

2.3. Denetleyici Yapıları

Son yıllarda geliştirilen kontrol uygulamalarında PID denetleyicileri sıklıkla kullanılmaktadır. PID kontrol yönteminin kontrol parametreleri K_P , K_I ve K_D ’dir. Bu kontrol parametrelerinin ayarlanması ile tasarımı gerçekleştirilir. PID denetleyicisinin transfer fonksiyonu Denklem 1’de verilmiştir.

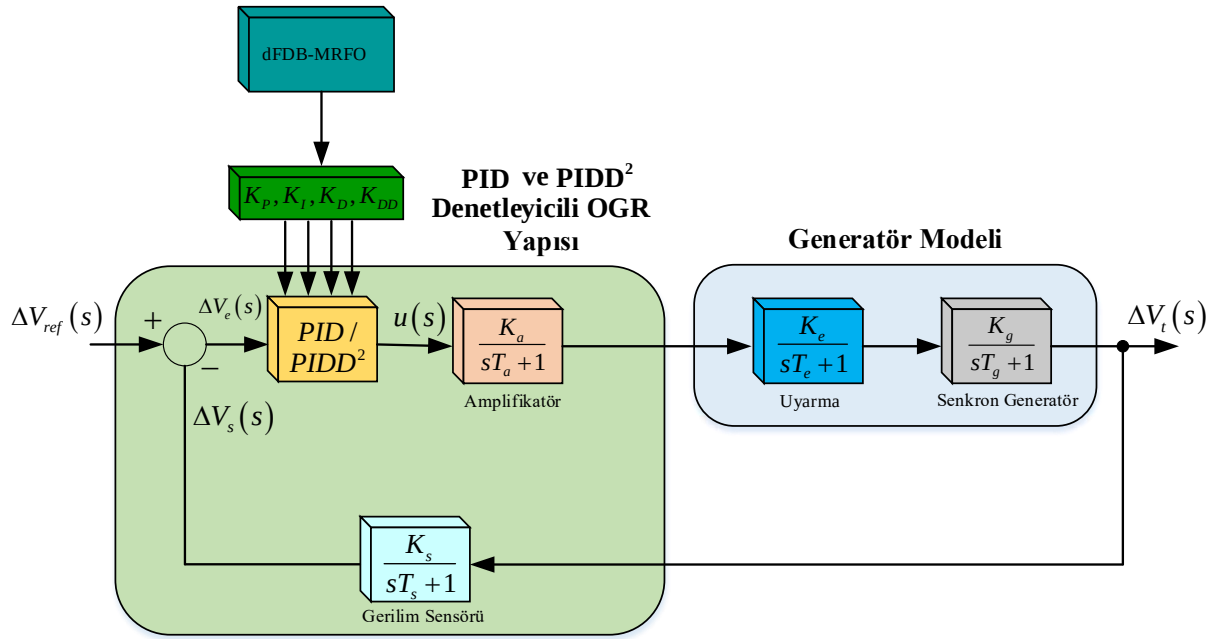
$$C_{PID} = K_P + \frac{K_I}{s} + K_D s \quad (1)$$

Burada; K_P , orantısal kazanç; K_I , integral kazancı; K_D , türev kazancıdır.

PID denetleyicisinin performansını iyileştirmek için ikinci bir türev kazancı (K_{DD}) eklenmiştir. İkinci türev kazancının eklenmesi uygulanan kontrol sistemlerinde sistemin kararlılığını ve hız tepkisini geliştirmiştir [6]. PIDD² denetleyicisinin transfer fonksiyonu Denklem 2’de verilmiştir.

$$C_{PIDD^2} = K_P + \frac{K_I}{s} + K_D s + K_{DD} s^2 \quad (2)$$

Burada; PID’den farklı olarak K_{DD} ikinci türev kazancıdır. Bu parametreler tasarlanan OGR sisteminde dFDB-MRFO algoritması tarafından belirlenmektedir. Parametreleri dFDB-MRFO algoritması tarafından belirlenen PID ve PIDD² denetleyicili OGR sisteminin kapalı çevrim transfer fonksiyonu Görsel 2’de verilmiştir.



Görsel 2. Parametreleri dFDB-MRFO algoritması ile belirlenen PID ve PIDD² denetleyicili OGR sisteminin kapalı çevrim transfer fonksiyonu.

3. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Bu çalışmada OGR sistemi tasarımı Intel Core i7-11370H, 3.30GHz CPU ve 64 GB RAM'e sahip bilgisayar ile Matlab 2022a ortamında gerçekleştirilmiştir. dFDB-MRFO algoritmasının ekosistem boyutu 50, en büyük amaç fonksiyonu değerlendirme sayısı ise 200 olarak seçilmiştir. PID ve PIDD² denetleyicilerinin parametreleri Çizelge 3'de verilen sınırlarda [6]'da önerilen Amaç Fonksiyonu (AF) kullanılarak belirlenmiştir.

Çizelge 5. Kontrol parametrelerinin arama uzayı.

Denetleyici	Kontrol Parametreleri			
	K _P	K _I	K _D	K _{DD}
PID	[0, 2]	[0, 2]	[0, 2]	-
PIDD²	[0, 4]	[0, 4]	[0, 4]	[0,4]

Amaç Fonksiyonu (AF) Denklem 3'de gösterilmiştir.

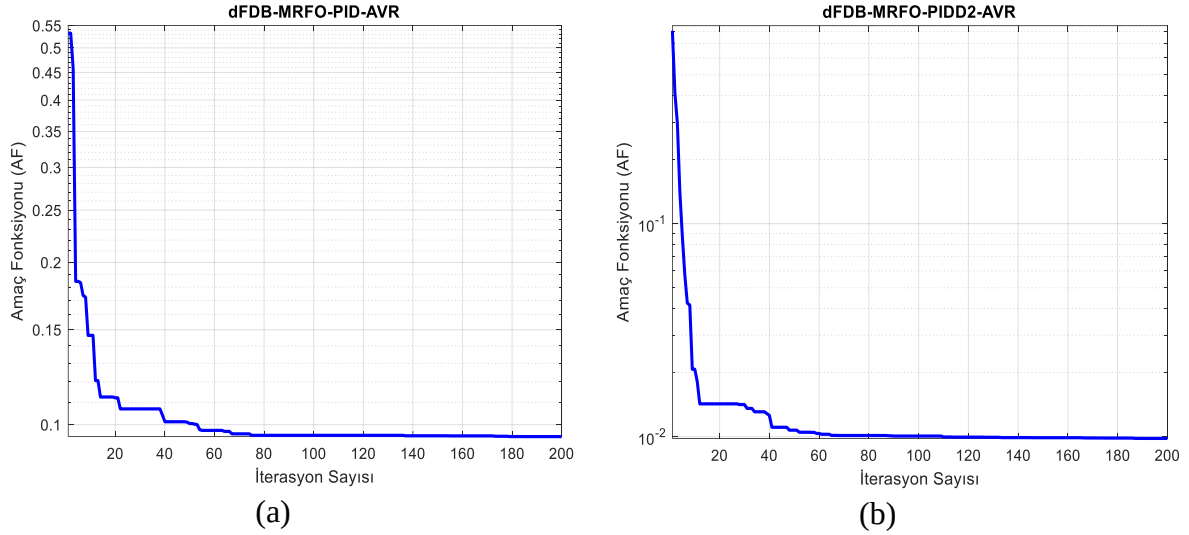
$$AF = 0.8 \int_0^{t_{sim}} t |e(t)| dt + 0.1t_s + 1.1OS \quad (3)$$

Burada; t_{sim} , simülasyon zamanını; $e(t)$, kalıcı durum hatasını; t_s , yerleşme zamanını ve OS, yüzde aşım değerini temsil etmektedir.

Arama işlemi 20 kez gerçekleştirilmiştir. Bulunan en iyi çözüm adayları denetleyicilerin kontrol parametresi olarak belirlenmiştir. Bu 20 döngüde Amaç Fonksiyonu (AF)'nin bulunduğu en düşük, ortalama, en yüksek değer ve standart sapma değeri Çizelge 4'de verilmiştir. Ayrıca en iyi döngüde elde edilen yakınsama eğrileri Görsel 3'de gösterilmiştir.

Çizelge 6. 20 döngüde AF'nin aldığı değerler.

Önerilen Yaklaşım	En düşük	Ortalama	En yüksek	Standart sapma
dFDB-MRFO-PID	0.094983	0.095048	0.095168	4.6594×10^{-4}
dFDB-MRFO-PIDD2	0.0097913	0.0098041	0.0098231	9.4238×10^{-6}



Görsel 3. Amaç Fonksiyonu (AF) yakınsama eğrileri, (a) PID, (b) PIDD²

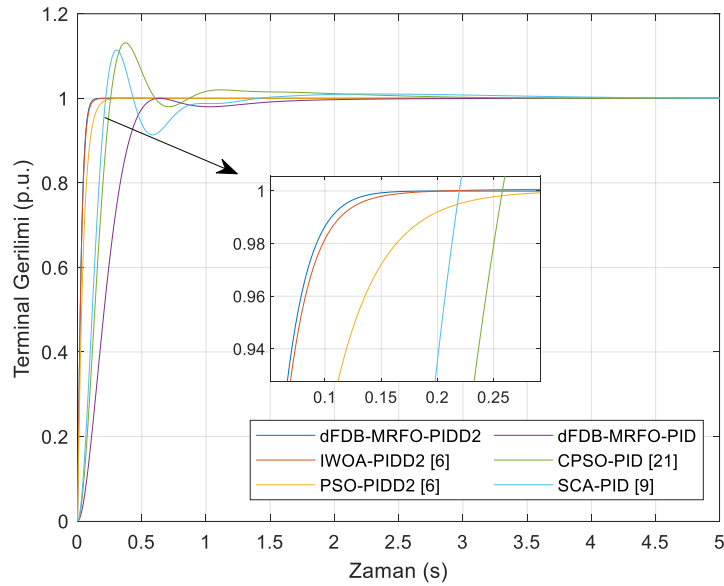
Aramaların sonucunda dFDB-MRFO algoritmasının bulmuş olduğu PID ve PIDD² kontrol parametreleri Çizelge 5’de verilmiştir.

Çizelge 7. Bulunan en uygun kontrol parametreleri.

Denetleyici	Kontrol Parametreleri			
	K _P	K _I	K _D	K _{DD}
PID	0.5944	0.3997	0.1955	-
PIDD ²	3.9997	2.6656	1.4408	0.1067

3.1. Adım Yanıtı

Tasarlanan PID ve PIDD² denetleyicili OGR sistemlerinin adım yanıtları Görsel 4’de ve adım yanıtı sonuçları Çizelge 6’da gösterilmiştir.



Görsel 4. OGR sistemlerinin adım yanıtları.

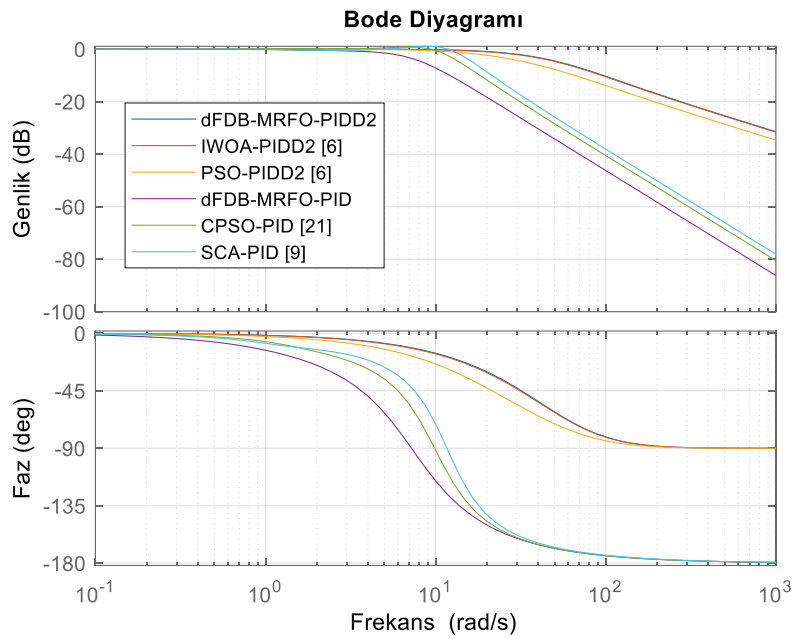
Çizelge 8. OGR sistemlerinin adım yanıtı sonuçları.

Algoritma-Denetleyici	Tr (0.1 → 0.9)	Ts (± 2%)	OS%
dFDB-MRFO-PIDD ² (Önerilen yöntem)	0.0559	0.0925	2.2204×10^{-14}
IWOA-PIDD ² [6]	0.0584	0.0982	0.0653
PSO-PIDD ² [6]	0.0930	0.1635	0.0023
dFDB-MRFO-PID (Önerilen yöntem)	0.3294	0.5124	2.2777×10^{-4}
CPSO-PID [21]	0.1743	0.5640	13.1100
SCA-PID [9]	0.1481	0.8415	11.4244

Önerilen dFDB-MRFO algoritması ile tasarlanan PIDD²-OGR denetleyicisinin ve PID-OGR denetleyicisinin performansı yükselme zamanı, yerleşme zamanı ve yüzde aşım açısından IWOA ve PSO algoritmalarına göre daha iyi sonuç vermektedir. Bu durum dFDB-MRFO algoritmasının üstün performansını kanıtlamaktadır.

3.2. Bode Analizi

Kontrol sistemlerinin kararlılığı hakkındaki bilgileri Bode Diyagramları vermektedir. Tasarlanan sistemlerin Bode Diyagramları Görsel 5’de gösterilirken elde edilen frekans yanıtları Çizelge 7’de verilmiştir.

**Görsel 5. OGR sistemlerinin bode diyagramları.****Çizelge 9. OGR sistemlerinin frekans yanıtları.**

Algoritma-Denetleyici	Tepe Kazancı (dB)	Faz Marjı (derece)	Gecikme Marjı (s)	Bant Genişliği (rad/s)
dFDB-MRFO-PIDD ² (Önerilen yöntem)	-3.57×10^{-14}	180 (at 0 rad/s)	Sonsuz	38.5
IWOA-PIDD ² [6]	-2.6×10^{-14}	180 (at 0 rad/s)	Sonsuz	37.2
PSO-PIDD ² [6]	3.66×10^{-14}	180 (at 0 rad/s)	Sonsuz	23.4
dFDB-MRFO-PID (Önerilen yöntem)	3.86×10^{-15}	180 (at 0 rad/s)	Sonsuz	6.75

CPSO-PID [21]	0.789 (at 6.85 rad/s)	95.8 (at 9.38 rad/s)	0.178	12.2672
SCA-PID [9]	1.09 (at 9.17 rad/s)	87.3 (at 11.9 rad/s)	0.128	14.8214

Bode diyagramlarında tepe kazancı, büyüklük grafiğinin en yüksek değeridir. Tepe kazancı açısından önerilen dFDB-MRFO-PIDD² denetleyicisi en küçük değere sahiptir. dFDB-MRFO-PID denetleyicisi ise karşılaştırılan diğer PID denetleyicilerine göre daha küçük tepe kazancı değerine sahiptir. Faz marjı, kontrol sisteminin kararsızlığa düşmeden yaşayabileceği en büyük faz kaymasını ifade eder. dFDB-MRFO algoritması ile tasarlanan PIDD² ve PID denetleyicilerinin faz marjları 180 derece ile en yüksek değere sahiptir. Gecikme marjı ise kararsızlık durumunun atlatılabilmesi için kontrol sisteminin üstesinden gelebileceği en büyük zaman gecikmesini ifade eder. Bu durumda da dFDB-MRFO ile tasarlanan PIDD² ve PID denetleyicisinin sonsuz gecikme marjı ile en iyi sonucu verdiği görülmektedir. Bant genişliği ve yükselme zamanı birbiri ile ilişkilidir. Yüksek bant genişliği düşük yükselme zamanını ifade eder. Tasarlanan denetleyicilerin yükselme zamanları arasındaki ilişki Çizelge 6'da görülebiliyor olsa da bode analizi sonuçlarında da en iyi yükselme zamanına sahip denetleyicinin kontrol parametreleri dFDB-MRFO algoritması ile ayarlanan PIDD² denetleyicisi olduğu görülebilmektedir.

4. SONUÇ

Güç sistemlerinde meydana gelen bozucu etkilerden kaynaklı olarak senkron generatörlerin terminal gerilimlerinde oluşan dalgalanmalar OGR'nin uyarım akımını düzenlemesiyle kontrol edilebilmektedir. Bu sorunun üstesinden gelinebilmesi için OGR sistemlerinin tasarımının en uygun şekilde yapılması gerekmektedir. OGR'ler, performanslarının iyileşebilmesi için PID ve PIDD² denetleyicileri ile birlikte kullanılmaktadır. Bu çalışmada dFDB-MRFO algoritması kullanılarak PID ve PIDD² denetleyicilerinin kontrol parametreleri ayarlanmıştır. Tasarlanan denetleyicilerin performansı adım yanıtı ve bode analizi ile incelenerek literatürdeki çalışmalarla kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlar dFDB-MRFO algoritması ile tasarlanan PID-OGR ve PIDD²-OGR sistemlerinin üstün performansını göstermiştir. Yükselme zamanı, yerleşme zamanı, en büyük yüzde aşım açısından en iyi sonucu dFDB-MRFO algoritması ile kontrol parametreleri ayarlanan PIDD² denetleyicisi vermiştir. Benzer şekilde Bode Analizi sonuçlarına göre de tasarlanan sistemlerin kararlı bir yapıda olduğu görülmüştür.

KAYNAKÇA

- [1] Ekinci, S., Demiröğren, A., Zeynelgil, H.L. and Kaya, S. (2019). Böbrek-ilhamlı Algoritma ile Otomatik Gerilim Regülatör Sistemi için PID Kontrolör Tasarımı. Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology, 7(2), 383-398. doi: <https://doi.org/10.29109/gujsc.516424>
- [2] Duman, S., Yörükeren, N. and Altaş, İ.H. (2016). Gravitational search algorithm for determining controller parameters in an automatic voltage regulator system. Turkish Journal of

Electrical Engineering and Computer Sciences, 24(4), 2387-2400. doi: <https://doi.org/10.3906/elk-1404-14>

[3] Güvenç, U., Işık, A.H., Yiğit, T. and Akkaya, I. (2016). Performance analysis of biogeography-based optimization for automatic voltage regulator system. Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences, 24(3), 1150-1162. doi: <https://doi.org/10.3906/elk-1311-111>

[4] Munagala, V.K. and Jatoth, R.K. (2022). Improved fractional $PI^{\lambda}D^{\mu}$ controller for AVR system using Chaotic Black Widow algorithm. Computers & Electrical Engineering, 97, 107600. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107600>

[5] Al Gizi, A.J. (2019). A particle swarm optimization, fuzzy PID controller with generator automatic voltage regulator. Soft Computing, 23, 8839-8853. doi: <https://doi.org/10.1007/s00500-018-3483-4>

[6] Mokeddem, D. and Mirjalili, S. (2020). Improved whale optimization algorithm applied to design PID plus second-order derivative controller for automatic voltage regulator system. Journal of the Chinese Institute of Engineers, 43(6), 541-552. doi: <https://doi.org/10.1080/02533839.2020.1771205>

[7] Tabak, A. (2021). A novel fractional order PID plus derivative ($PI^{\lambda}D^{\mu}D^{\mu_2}$) controller for AVR system using equilibrium optimizer. COMPEL-The international journal for computation and mathematics in electrical and electronic engineering, 40(3), 722-743. doi: <https://doi.org/10.1108/COMPEL-02-2021-0044>

[8] Khan, I.A., Alghamdi, A.S., Jumani, T.A., Alamgir, A., Awan, A.B. and Khidrani, A. (2019). Salp swarm optimization algorithm-based fractional order PID controller for dynamic response and stability enhancement of an automatic voltage regulator system. Electronics, 8(12), 1472. doi: <https://doi.org/10.3390/electronics8121472>

[9] Hekimoğlu, B. (2019). Sine-cosine algorithm-based optimization for automatic voltage regulator system. Transactions of the Institute of Measurement and Control, 41(6), 1761-1771. doi: <https://doi.org/10.1177/0142331218811453>

[10] Ekinci, S. and Hekimoğlu, B. (2019). Improved kidney-inspired algorithm approach for tuning of PID controller in AVR system. IEEE Access, 7, 39935-39947. doi: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2906980>

[11] Mosaad, A.M., Attia, M.A. and Abdelaziz, A.Y. (2019). Whale optimization algorithm to tune PID and PIDA controllers on AVR system. Ain Shams Engineering Journal, 10(4), 755-767. doi: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2019.07.004>

- [12] Kahraman, H.T., Aras, S. and Gedikli, E. (2020). Fitness-distance balance (FDB): a new selection method for meta-heuristic search algorithms. Knowledge-Based Systems, 190, 105169. doi: <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2019.105169>
- [13] Kahraman, H.T., Bakir, H., Duman, S., Kati, M., Aras, S. and Guvenc, U. (2022). Dynamic FDB selection method and its application: modeling and optimizing of directional overcurrent relays coordination. Applied Intelligence 52, 4873–4908. doi: <https://doi.org/10.1007/s10489-021-02629-3>
- [14] Pradhan, R., Majhi, S.K. and Pati, B.B. (2018), Design of PID controller for automatic voltage regulator system using Ant Lion Optimizer, World Journal of Engineering, 15(3), 373-387. doi: <https://doi.org/10.1108/WJE-05-2017-0102>
- [15] Zhou, Y., Zhang, J., Yang, X. and Ling, Y. (2019). Optimization of PID controller based on water wave optimization for an automatic voltage regulator system. Information Technology and Control, 48(1), 160-171. doi: <https://doi.org/10.5755/j01.itc.48.1.20296>
- [16] Eke, I., Saka, M., Gozde, H., Arya, Y. and Taplamacioglu, M.C. (2021). Heuristic optimization based dynamic weighted state feedback approach for 2DOF PI-controller in automatic voltage regulator. Engineering Science and Technology, an International Journal, 24(4), 899-910. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2020.12.023>
- [17] Mosaad, A. M., Attia, M. A. and Abdelaziz, A. Y. (2018). Comparative performance analysis of AVR controllers using modern optimization techniques. Electric Power Components and Systems, 46(19-20), 2117-2130. doi: <https://doi.org/10.1080/15325008.2018.1532471>
- [18] Çelik, E. and Durgut, R. (2018). Performance enhancement of automatic voltage regulator by modified cost function and symbiotic organisms search algorithm. Engineering science and technology, an international journal, 21(5), 1104-1111. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2018.08.006>
- [19] Zhao, W., Zhang, Z. and Wang, L. (2020). Manta ray foraging optimization: An effective bio-inspired optimizer for engineering applications. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 87, 103300. doi: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2019.103300>
- [20] Gozde, H. and Taplamacioglu, M. C. (2011). Comparative performance analysis of artificial bee colony algorithm for automatic voltage regulator (AVR) system. Journal of the Franklin Institute, 348(8), 1927-1946. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfranklin.2011.05.012>
- [21] Anwar, N., Hanif, A., Ali, M. U. and Zafar, A. (2021). Chaotic-based particle swarm optimization algorithm for optimal PID tuning in automatic voltage regulator systems. Electrical Engineering and Electromechanics: No.1, 50-59. doi: <https://doi.org/10.20998/2074-272X.2021.1.08>

BİTKİLERDEN ELDE EDİLEN BOYAR MADDE VE MÜREKKEPLERİN TEKSTİL VE BİYOMALZEMELERİN RENKLENDİRİLMESİNDE KULLANILMASI

Dr. Öğr. Üyesi F. Dilek HİMAM ER

İzmir Ekonomi Üniversitesi, - 0000-0002-5815-9300

Prof. Elvan ÖZKAVRUK ADANIR

İzmir Ekonomi Üniversitesi, - 0000-0003-2821-6412

Öğr. Gör. Elif TEKCAN

İzmir Ekonomi Üniversitesi, -0000-0003-0893-7503

Öğr. Gör. Melis BALOĞLU

İstanbul Teknik Üniversitesi, - 0000-0003-2886-5367

Ar. Gör. Filiz ÖZBENGİ USLU

İzmir Ekonomi Üniversitesi, - 0009-0004-5886-5944

Prof. Dr. Ender YAZGAN BULGUN

İzmir Ekonomi Üniversitesi, - 0000-0002-8747-9434

ÖZET

Dokumacılığın ilk izleri Neolitik Çağa kadar uzanırken, bitkilerdeki boyar maddelerin kullanımı Tunç çağına denk gelmektedir. Doğal kaynaklardan elde edilen malzemelerin kumaş yüzeylerinde uygulanması ve bu renklerin kalıcılığın artırılması yönünde sürekli denemeler yapılmıştır. Sonuç olarak tarih boyunca bitkisel ve hayvansal kaynaklı malzemelerden tekstillerin renklendirilmesinde yararlanılmıştır. Boya bitkilerinin renklendirici madde ihtiva eden köklerinden, çiçeklerinden, dallarından, yapraklarından, kabuklarından taze ya da kurutularak üretilen bitkisel boyar maddeler, giysilerin yanı sıra halı ve kilim gibi tekstil ürünlerinde de kullanılmıştır.

1980’li yıllardan sonra hızlı modanın yarattığı gösterişçi tüketim doruk noktasına ulaşırken tüketici beklentilerini körükleyerek moda döngülerini hızlandırmıştır. 1990’lı yıllara gelindiğinde ise eko-moda kavramı ticari olarak kullanılmaya başlanmış (Black, 2008), moda endüstrisi, sürdürülebilir üretime doğru yavaş ama radikal bir değişim içine girmiştir (Planthin, 2016). Son dönemdeki çalışmalar ise tüketicilerin satın aldıkları ürünlerin tedarik süreçlerine dair etik hassasiyetlerinin arttığı bilinçli bir tüketim çağının başladığına işaret etmektedir. Ortaya çıkan bu yeni yaklaşım ise bitkilerden edilen boyarmaddelerin ve biyo esaslı

malzemelerin kullanımına yönelik yöntemler geliştirilmesini zorunlu kılmıştır. Bu çalışma, doğal boyarmadde üretiminde kullanılan geleneksel yöntemler, biyo esaslı malzemeler alanındaki güncel gelişmeler ve farklı uzmanlıklara sahip sanatçı ve tasarımcıların katkı koyduğu disiplinlerarası çalışmaların sonuçlarına odaklanarak, mevcut literatüre katkı koyacak görüş ve öneriler sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: bitkisel boya ve mürekkepler, doğal boyamacılık, biyo malzemeler.

BİTKİSEL KAYNAKLI DOĞAL BOYAR MADDELER

Eski çağlardan bu yana doğanın renkleri insan üzerinde büyük bir hayranlık etkisi uyandırmıştır. Tarih öncesi dönemlerden başlayarak doğanın sunduğu renkleri beden üzerinde taşıma isteği giyinme ve süslenme pratiklerine yön vermiş, nadir elde edilen renklerin kullanımı farklı kültürlerde yasalara tabi tutulmuş ve çoğunlukla soyluluk veya statü göstergesi olarak öne çıkmıştır. Başlangıçta çiçekler, yapraklar, deniz kabukları ve renkli taşlar gibi doğal malzemelerle süslenme ihtiyaçlarını tatmin eden insanlar, sonraları çevrelerini, yaşadıkları mekanları, giysilerini ve bizzat kendi bedenlerini renklendirme yollarını aramışlardır. Bu konudaki ilk örnekler, milattan önceye tarihlenen mağara resimlerinde görülmektedir. Özellikle suda çözünmeyen doğal boyaların kullanıldığı pigmentlerin kullanımıyla ilgili ilk bilgilerin elde edildiği bu resimlerin en bilinen örnekleri, Fransa'daki Lascaux ve İspanya'daki Altamira mağaralarında bulunmaktadır. Lascaux mağarasında mavi, siyah ve koyu bir kahverengi mangan oksitten elde edilmiş boyar maddeler tespit edilmiştir (Öztürk, 1999).

Doğal boyalar bitkiler, mineraller ve böcekler gibi doğal kaynaklardan elde edilmektedir. Bitkilerin kök, yaprak, çiçek ve meyve gibi yapıları, kabuklu yemişler, ağaç ve ağaç kabukları, mantarlar ve likenlerden elde edilen bu malzemeler geniş bir doğal renk yelpazesi sağlamaktadır. Mineral boyalarda ise toprak ve kayalardan elde edilen aşı boyası gibi pigmentler kullanılmaktadır. Doğal boyalar tekstil ürünlerinde olduğu kadar, doğrudan kağıt yüzeylere, deniz kabuklarına, deriye, ahşap veya seramik gibi diğer doğal malzemelere de uygulanabilmektedir.

Günümüzde doğal boyaların kullanımı çoğunlukla zanaatkar atölyeleri ve küresel ölçekte sayıları oldukça az olan ticari işletmelerle sınırlıdır. Bunun önemli bir nedeni yoğun emek gerektiren doğal boyar madde eldesinin toplama, kurutma, saklama, öğütme gibi süreçlerinin çizgisel ekonominin hızlı ilerleme politikaları ile uyumlu olmamasıdır. Ancak sentetik boya üretim süreçlerinde yoğun su kullanımı giderek daha büyük bir sorun haline gelmektedir. Daha da endişe verici olan ise bu kimyasalların suları kirletmesi, tekstil boyama endüstrisinden

kaynaklanan atık suyun çevre için tehlike yaratmasıdır. Son yıllarda sentetik kimyasalların çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerine yönelik artan farkındalık sonucu doğal boya kullanımı önem kazanmaya başlamıştır (Behan, 2018).



Görsel 1: Doğal boya malzemeleri örnekleri, **Kaynak:** Elif Tekcan, Melis Baloglu arşivi, 2022.

Doğadaki renklerden nasıl yararlanılabileceğine dair kadim bilgiler birçok uygarlık tarafından kullanılmış, yaşadıkları coğrafya bu konuda belirleyici olmuştur. M.Ö. 2000'lerden önce Çinlilerin indigo ve Çin yeşili denilen özel boyalarla ipek dokumaları boyadıkları bilinmektedir. M.Ö. 3000'lere ait bir Çin kaynağında ise doğal boyalardan söz edilmektedir. Bu bilgilerden yola çıkarak doğu uygarlıklarında boyacılıkla ilgili bilgilerin daha eski tarihlere dayandığı kabul edilebilir. Mısır'da, Orta Krallık Döneminde (M.Ö 2040-1782) sadece boyaların elde edilişi değil, boyaların sabitlenmesini sağlayan mordanların kullanılışının da bilindiği görülmektedir (Vogler, 1982). Mısır'da mumyaların sarı olduğu kumaşların incelenmesi sonucunda Mısırlıların indigo, aspir ve mordanı kullandıkları, madensel boyaları da bildikleri kanıtlanmıştır. Aynı zamanda Meksika ve Peru'daki yerli halkların, doğal boyama ile uğraştıkları, Afrika yerlilerinin çeşitli doğal boyalarla günlük yaşamlarını renklendirdikleri bilinen bir gerçektir (Öztürk, 1999). Hindistan boyamacılığının da çok eskilere dayandığı, bu bölgede ilk boyamacılık çalışmalarının M.Ö.2500'lerde İndus Vadisi Uygarlıkları çağına kadar gittiği başlamış olduğu bilinmektedir. Marco Polo indigonun Portekizliler tarafından,

Avrupa'ya sokulmasından 300 yıl önce M.S. 13. yüzyılda Hindistan'da nasıl üretildiğini ayrıntılı bir biçimde yazılarında anlatmıştır (Öztürk, 1999).

Avrupa kıtasında ise ilk olarak doğal boyayı kullananlar büyük bir olasılıkla M.Ö. 2000'lerde Zürih Gölü dolayında yaşamış topluluklardır. M.Ö. 1500 yılında, Bereketli Hilal'in Akdeniz'e bakan kıyılarında gelişen Fenike uygarlığına ait Sur kenti, *Bolius brandis* salyangozundan elde edilen eflatun rengi ile ün yapmıştır (Öztürk, 1999). Salyangozun salgı bezlerinde bulunan, mureksin adı verilen pigmentten üretilen boyar madde antik dünyada en değerli boyar maddelerden biri olarak kabul edilmiş ve Fenikelilerin ticaretinde önemli bir rol oynamıştır. Sur kentinde yapılan kazılarda, büyük kabuk yığınlarının yanı sıra salyangozları, kabuklarından çıkartmak için kullanılan aletler de bulunmuştur. Bu boyaların ender bulunması ve pahalı olması yüzünden mor, giderek toplumda güç ve mevkii simgeleyen bir renk olarak kabul edilmiştir. Diğer hayvansal boyar maddeler arasında kırmızı meşesi üzerinde yetişen kırmızı böceği diğer adı ile kermes ve koşnil sayılabilir (Storey, 1985).

Anadolu toprakları da bitkisel esaslı doğal boyarmaddeler açısından oldukça önemli bir coğrafyadır. Kırmızı renk elde etmekte kullanılan kök boya ile safranın 3500 yıldan beri Anadolu'da tarımı yapılmaktadır. Bu boyanın Tokat'tan Hindistan'a satıldığı bilinmektedir (Öztürk, 1999). Oldukça köklü bir tekstil tarihine sahip olan Anadolu'da da M.Ö. 7200 ve 8000'den kalma kumaş ve elbise parçalarında kök boya veya bilimsel adı ile *rubia tinctorum* bitkisi ile boyanmış tekstiller bulunmuştur (Özay, 2004). Anadolu'da Çatalhöyük dolaylarında rastlanan *rubia tinctorum* içeren buluntular Anadolu'da boyamacılık tekniğinin o zamanlardan beri bilindiğini göstermektedir (Öztürk, 1999). Özellikle evde halı dokuyan kadınlar çam kozalağı, kök boya, çalı kabuğu, mazi, yaş ceviz kabuğundan doğal boyalar elde etmişlerdir. Bu teknikler, 19. yüzyılın ortalarına kadar devam etmiştir.

Anadolu'da sentetik boyar maddelerin 1888 yılından önce kullanıldığı bilinmektedir. 1888 yılında Aydın valiliği sentetik boyar madde kullanımını yasaklamış, ancak yasak kısa bir süre içinde yabancı sermayeli halı şirketlerinin baskısı ile kaldırılmıştır. Halıcılık ile uğraşan köylerde sentetik boyar madde kullanımı konusunda baskı yapılmıştır (Özkavruk-Adanır, 2017). 1900'lü yılların başında Almanya'dan gelen bir kimyagerin özellikle Kırkağaç'ta üretim yapan halıcılara bu boyaların kullanımını öğrettiği bilinmektedir. Alman boyalarının kullanımının yaygınlaşması da bu dönemlere denk gelmektedir (Öztürk, 2007).

1856 yılında İngiliz kimyager William Henry Perkin'in tesadüfen bulduğu ilk sentetik boyar maddeden sonra 20. yüzyıl boyunca çok sayıda sentetik boyar madde geliştirilmiştir. Bu durum uygulama sürecinde karşılaşılan çeşitli zorluklar sebebiyle doğal boyar madde kullanımını giderek azaltmıştır (Karadağ, 2007). Günümüzde doğal boyalar dünyanın çeşitli yerlerinde sınırlı ölçüde kullanılmaktadır. Ancak yeni tüketici profili ürünlerin nasıl üretildiği ve kendilerine nasıl ulaştığı konusunda daha fazla farkındalık içinde oldukça, yerel ve doğal kaynakların sorumlu bir şekilde tedarik edildiği malzemeler gündeme gelmiş; çevresel ve sosyal etki bilincine sahip tasarım ürünleri ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu açıdan tüketici talebinde olan değişim, daha yavaş yaşam tarzlarına ve duyarlı tasarıma yönelik daha ekolojik yaklaşımlara olan ilgiyi arttırmıştır.

BİTKİSEL KAYNAKLI DOĞAL BOYARMADDELERİN GERİ DÖNÜŞÜ

Tarih boyunca gıda, tekstil, kozmetik gibi alanlar başta olmak üzere yaşamı güzelleştirici ve renklendirici özelliği nedeni doğal boyalar hep kullanılmıştır (Öztürk, 1999). Anadolu'da köklü bir geçmişe sahip olan doğal boyarmaddelerle yün boyama 20. yüzyılda sentetik boyarmaddelerin girmesiyle neredeyse tamamen terkedilmiş, uzun yılların deneyimi ve birikimi kültürel yaşantıdan silinmiştir. Bugün sayısı az olmakla birlikte bazı köylerde tekstil ürünlerinin renklendirilmesinde doğal boyarmaddelerin tercih edilmekte olduğu bilinmektedir. Özellikle Anadolu'da yapılan yerel uygulamalarda çile halindeki iplikler ve boyar maddeler bakır kazanlarda ağır odun ateşinde kaynatılarak boyanmaktadır. Anadolu'da pişmiş toprak küpler kullanılarak fermantasyon yoluyla yapılan boyama işlemine küp ya da çömlek boyama olarak adlandırılmaktadır. Bunun gibi birçok geleneksel yöntem kendi kadim bilgilerini içinde saklamaktadır.

Binlerce yıldır kullanılmakta olan doğal boyarmaddeler 19. yüzyılın ortalarından başlayarak petrol endüstrisinden gelen sentetik boyalarla yer değiştirmiştir. Sentetik esaslı boyarmaddelerin hızla doğal boyar maddelerin yerini almasının başlıca nedenleri arasında kolaylıkla yeniden üretilebilmesi, standart renk tonları elde edilmesi ve renk yelpazesinin çok geniş olması sayılabilir. Ancak bu maddelerin insan sağlığına ve ekosisteme olan zararının belirgin bir şekilde ortaya çıkmasıyla günümüzde birçok firma ve marka bitkilerden elde edilen pigmentlerin, mürekkeplerin, doğal boyarmaddelerin kullanılmasına odaklanmaya başlamıştır (Despy vd., 2014).

Tekstil sektöründeki yeni ekolojik dönüşümle beraber doğal boyamacılık, belirli bir biyo-bölgenin doğal renk paletini anlamak, bu malzemelerin bilgisine değer vermek ve bölgede

yetişen bitkilerden elde edilen renklerin zenginleştirici, güçlendirici ve bağlayıcı bir deneyim olarak tekstil alanındaki kadim hafızayı yeniden canlandırmak adına moda markalarının ve güncel araştırmalarının yeniden keşfettiği bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bitkisel Kaynaklı Doğal Boyarmaddelerle ve Mürekkeplerle Tekstil Yüzeylerinin Renklendirilmesinde Güncel Uygulamalar

Bitkilerden elde edilen boyarmadde ve mürekkeplerin diğer bir kullanım alanı ise biyo esaslı malzemelerin renklendirilmesine yöneliktir. Özellikle karbon ayak izini azaltmak için sürekli yeni yollar aranırken yenilikçi yöntemlerin çoğu çevre grupları ve büyük kuruluşlar tarafından yeni 'çevre standartları' olarak benimsenmektedir. Moda dünyasının sürdürülebilirliğe yaklaşımı değiştikçe yeni üretim yöntemleri kullanılmaya başlanmıştır. Yeni çevre dostu malzemeler tedarik edilirken tüketiciler, moda tercihlerinin çevre üzerindeki etkisini her zamankinden daha fazla sorgulamaya başlamışlardır. Bu durum markaları yeni, çevre dostu, doğaya duyarlı arayışlara, yenilikçi yöntemler bulmaya yöneltmiştir. Bu yeni yöntemlerden biri baskı teknikleri ve biyomalzeme yüzeylerde, kullanma potansiyeli yüksek bitkisel mürekkepleri olmuştur.

Bitkisel Esaslı Mürekkepler

Doğal mürekkep hazırlama yöntemleri oldukça eskiye dayanmaktadır. Sentetik mürekkeplerin sağlık ve çevre sorunları yaratıyor olması doğal mürekkep araştırma çalışmalarına büyük bir ivme kazandırmıştır. Doğal mürekkepler yaprak, kök, meyve bitkisel içeriklerden üretildikleri için mineral kaynağıdır ve çevre dostu olarak kabul edilir. Sentetik mürekkepler renklendiriciler (titanyum dioksit, kalsiyum karbonat, litol vb.), reçineler (etil selüloz, akrilik reçineler, polivinil asetat vb.), çözücüler (toluen, mineral yağ, aseton, metanol vb.), ve katkı maddelerinden (fenol, titanyum şelatlar, silikonlar, kobalt & manganez bileşiği) oluşmaktadır. Doğal mürekkepler pancar, sumak, ısırgan otu, keten tohumu, zerdeçal gibi bitkilerden elde edilirken, reçine (akasya sakızı), çözücü (su) ve katkı maddeleri (sirke, tuz) gibi malzemeler içermektedirler (Singh & Sharma, 2017).

Bitkisel esaslı mürekkepler çeşitli etiket, künne ve diğer giysi markalarının süsleme detaylarının baskı uygulamalarında daha sürdürülebilir bir seçenek sunduklarından petrol esaslı sentetik mürekkeplere karşı giderek önem kazanmaya başlamışlardır. Bitkisel esaslı mürekkeplerin geri dönüşümü için daha az enerji gerekmekte olup daha küçük çevresel bir etki yaratmaktadır. Bu nedenle bitkisel mürekkepler, çevre dostu ambalajlarla oldukça uyumlu çalışır. Bitkisel esaslı mürekkeplerle basılan etiketler biyolojik olarak parçalanabilirse, minimum karbon ayak izine sahip olacaktır. Özellikle soya bazlı mürekkeplerin, geri dönüşüm sürecinde kağıt ve diğer

malzemelerden kolayca çıkarıldığı bilinmektedir. Yapılan bir araştırmada petrol bazlı mürekkeplerin kuruduklarında yaklaşık %25-40 oranında uçucu organik bileşik yaydığı bilinmektedir, bu oran soya bazlı bitkisel mürekkeplerde %4 gibi düşük bir orandadır. Petrol bazlı mürekkepler kolay kurusa da üretilmeleri sırasında CO2 emisyonlarına doğrudan katkıda bulunmakla kalmaz, aynı zamanda kadmiyum, kurşun ve cıva gibi ağır metaller içermeleri nedeniyle ikincil zararlı etkiye de sahiptir. Bunlar hem çevre hem de insan sağlığı için oldukça zararlıdır (Anonim, 2019).

Biyomalzeme şirketi Living Ink, kısa süre önce bir dizi Alg Mürekkebi ürününü piyasaya sürmüştür. Bu ürünler Kaliforniya'da güneş ışığı, su, besin maddeleri ve karbondioksit kullanılarak yetiştirilerek pigment üretmek üzere öğütülüp rafine edilebilen bir yan ürün oluşturmaktadır. Elde edilen mürekkepler geleneksel ofset yazıcılarda kullanılabilir. Şu an sadece siyah renkte (UV ışığına karşı solmaya karşı dayanıklı olduğunu iddia ettiği bir siyah) üretilmekte olup başka renklerde de geliştirildiği bilinmektedir. Geleneksel petrol bazlı mürekkeplere göre karbon ayak izi daha az olan alg mürekkepleri biokimyasal işlemlerle üretildiği için geri dönüştürülebilir. Biyo-bazlı mürekkepler için gelişen pazarın önümüzdeki birkaç yıl içinde önemli ölçüde büyüyeceği tahmin edilmekte olup Smithers'a göre, sürdürülebilirlik trendleri ve düzenlemelerdeki gelişmeler sektörün 2021'de 5,86 milyar dolar olan değerinin 2026'da 8,57 milyar dolara çıkmasını sağlayacaktır (Kennedy, 2022).

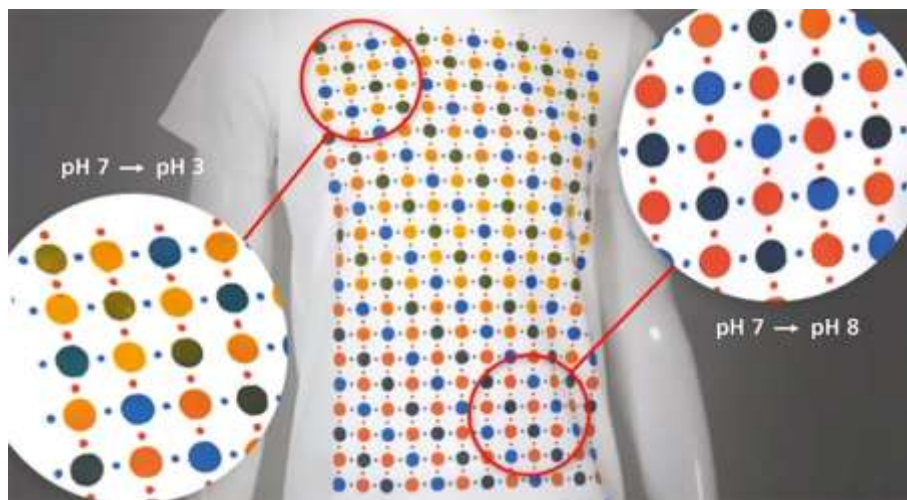
Biyomalzeme Yüzeylerde Bitkisel Esaslı Mürekkeplerin Kullanımı

Biyomalzemeler döngüsel tasarım pratikleri ile önem kazanan yenilikçi alanlardan biridir. Yaşam döngüsünü tamamlamış ve atık olarak görülen, yumurta kabuğu, pirina, mısır koçanları, soya fasulyesi küspesi, ananas yaprakları gibi doğal atıklar biyomalzemelerin hammaddeleridir. Yerel ölçekte ortaya çıkan doğal atıklar katma değeri yüksek bir ürüne dönüştürülmektedir. Biyomalzemeler ile ilgili güncel görüşlerden biri de tasarımı mantar, maya, alg ve bakteri gibi organizmalarla birlikte sürdürmektir (Karana, Barati, & Giaccardi, 2020). Suzanne Lee'nin BioCouture örneği (Görsel3) organizmalar ile tekstil yüzeyi yaratılmasının en iyi örneklerindendir. Alman tasarım stüdyosu Blond & Bieber 'ın Algaemy projesinde ise mikro algler sürdürülebilir kumaş boyası olarak kullanılmaktadır. Kumaş üzerinde kalan fazla boya kalıntısı olsa bile bunun vücuda bir zararı bulunmamaktadır. Alglerin genel olarak yeşil renk verdiği düşünülse de farklı türlerinden kırmızı, kahverengi ve sarı tonlarda renkler elde edilebilmektedir. Algler ile boyanan kumaşların bir diğer özelliği de renklerin zaman içinde değişmesidir. Güneş ışığına maruz kalan kumaşlar yeşilden koyu

maviye, açık pembeden parlak kırmızıya sonrasında da portakal rengine dönüşmektedir (Anonim, 2014).

Bitkisel mürekkepler giysi, ayakkabı ve hatta yüz maskeleri gibi yüzeyler üzerinde karmaşık desenlerde ve yüksek çözünürlükte çeşitli tekniklerle basılabilir ve insan tepkisinin verdiği reaksiyonlarla cevap vererek ayrıntılı bir haritalama yapılmasına da izin vermektedir. Bu teknoloji, geleneksel giysiler ve üniformalar kullanılarak vücut yüzeyindeki çok çeşitli biyolojik koşulları, molekülleri ve muhtemelen patojenleri eşzamanlı olarak tespit edebilir ve ölçebilir. Vücuttan salınan ter gibi etkilere çıkan kimyasallara renk değiştirerek yanıt veren biyo bazlı mürekkepler bu çalışmaların başında gelmektedir. Giyilebilir algılama cihazları, insan performansının ve sağlığının izlenmesinde büyük ilgi görmektedir. Giyilebilir yamalar, bileklikler ve kalp atış hızı veya kan şekeri gibi lokal veya genel fizyolojik bilgileri izleyen diğer konfigürasyonlarda elektronikleri içeren bu tür birçok cihaz icat edilmiştir. Yeni biyo-mürekkepler, bir yamadan tüm vücuda ve ötesine kadar çok geniş alanları kapsayacak şekilde dağıtılabilen algılama giysileri kullanarak teorik olarak çok sayıda kolorimetrik veri sağlar. Boyalar, enzimler, antikolar ve daha fazlası gibi aktif moleküllerle modifiye edilerek mürekkeplerin birçok türevi oluşturulabilir (Anonim, 2020).

Görsel 2’de görülen tişörte pH’a duyarlı biyo-aktif mürekkeplerle serigrafi baskı yapılmıştır. Bu tişört, giyen kişinin pH tepkisinin bir haritasını çıkarabilir özelliktedir. Biyo-aktif mürekkeplerin varyasyonları, vücut tarafından ya da çevrede salınan diğer molekülleri tespit edebilir.



Görsel 2. pH'a duyarlı biyo-aktif mürekkeplerle serigrafi baskı yapılmış tişört, **Kaynak:**

<https://www.techbriefs.com/component/content/article/tb/pub/briefs/materials/37629>, Tufts University School of Engineering, Medford/Somerville, Massachusetts. **Erişim tarihi:** 31.03.2023.

Biyo bitkisel mürekkeplerin özellikle oda sıcaklığında dayanıklılık koşullarına dair henüz etkin bir çalışma olmasa da şu anda üzerinde çalışılan uygulamalar bitkisel mürekkeplerin biyolojik olarak parçalanabilmeleri, susuz inkjet baskı teknolojisine uygunlukları ve giysi boyama endüstrisinde daha sürdürülebilir uygulamaların hayata geçirilmesi için oldukça olumlu sonuçlar vermektedir (Thakker & Sun, 2022).

Suzanne Lee'nin BioCouture örneği ise maya ve bakteri ile işbirliği sonucu üretilmiştir. Görsel 3'deki ceket kompost edilebilir özelliğe sahiptir. Doğal boyar madde kullanmanın pasif olmadığı, insan eli ile dahil edilmediği ancak bakteri yardımı ile boyandığı bir süreç olması nedeni ile çağdaştır.



Görsel 3: BioBomber ceket, Suzanne Lee, **Kaynak:** <https://www.dezeen.com/2014/02/12/movie-biocouture-microbes-clothing-wearable-futures/>, **Erişim tarihi:** 31.03.2023.

SONUÇ

Tarih boyunca renkler kuvvetli bir dekoratif unsur olmasının ötesinde pek çok medeniyette çeşitli sembolik anlamlar da atfedilen önemli bir araç olmuştur. Farklı kültürel etkiler neticesinde pek çok medeniyet arasında sanatsal ve teknik bilgilerin paylaşılması neticesinde de bu bilgiler paylaşılmış ve çoğalmıştır. Bu bilgiler içinde bu çalışmada genel olarak değinilmiş olan boyamacılığın tarihi de önemli bir belge niteliğindedir. Çalışmada belirtildiği gibi 19. yüzyıl ortalarına gelinceye kadar genellikle bitkisel kökenli madensel veya böceklerden elde edilen boyarmaddeler kullanılmıştır. Bugün bu boyaların yerini sentetik boyalar almış olup, doğal boyarmaddelerin kullanım biçimleri hem unutulmuş hem de tarih içinde uzun bir serüvene şahitlik etmiş bir deneyimin de yok olmasına neden olmuştur. İnsanlığın var

oluşundan günümüze kadar doğanın önemli bileşenlerinden olan bitkiler pek çok kullanım alanı bulmuşlardır. Doğal bütünlüğün bir parçası olan bu bitkilerden bazıları ise toplumların yaşamlarında önemli izler bırakmışlardır. Bu izlerin bir toplumun inanç, duygu ve hayal gücüyle yorumlandığı mitoslar, bu bitkilerin geçmişteki kullanımları hakkında günümüzde önemli kaynaklar olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle Antik Yunan ve Roma dönemlerinde mitolojinin önemli yer tuttuğu bilinmekte ve bu döneme ait birçok bitki mitosunun olduğu görülmektedir. Bitkilere ait mitos örneklerine yer verilerek bu değerli kaynakların günümüze aktarılmasına çalışılmıştır. Hem tıbbi hem de kültürel miras olarak değerlendirilebilecek bu mitosların incelenmesi ve bu mirasın nesilden nesile aktarılmasının önemli olduğu düşünülmektedir. Ülkemizde el sanatlarında kullanılan boya bitkilerinin birçoğu doğadan toplamalar şeklinde karşılanmaktadır. Bu durum standart bir ürün ihtiyacını karşılayamamaktadır. Bitkisel boyamacılıkta boyama metodu yanında kullanılacak bitkinin ne zaman toplanacağı en önemli aşamalardan biridir. Bununla birlikte diğer kültürel (ekim zamanı, gübreleme vb.) işlemler de boyamalarda kullanılan bitkinin boya madde içeriği ve boyama kalitesini etkileyebilmektedir.

Günümüzde sürdürülebilirliğin ön planda olduğu tekstil endüstrisi, petrol bazlı boyarmaddelerin kullanımına alternatif ekolojik malzemelere doğru iddialı bir şekilde ilerlerken pekçok yeni malzemeleri de üretmeye başlamıştır.

KAYNAKÇA

- [1] Anonim. *Algaemy: Microalga Textile by Blond&Bebier*, 21 Eylül 2014. <https://www.archipanic.com/algaemy/> (Erişim tarihi: 31.03.2023)
- [2] Anonim. *Smart Fabrics with Bioactive Inks Monitor the Body by Changing Color*, 16 Eylül 2020. <https://www.techbriefs.com/component/content/article/tb/pub/briefs/materials/37629> (Erişim tarihi: 31.03.2023)
- [3] Anonim. *The Hidden Benefits of Vegetable Inks and Why You Should be Using Them*, 30 Eylül 2019. <https://www.weavabel.com/blog/the-hidden-benefits-of-vegetable-inks-and-why-you-should-be-using-them> (Erişim tarihi: 31.03.2023)
- [4] Behan, B., *Botanical Inks: Plant-to-Print Dyes, Techniques and Projects*, Londra, Quadrille Books, 2018.
- [5] Black, S., *Eco-Chic: The Fashion Paradox*, Black Dog Publishing, Londra, 2008.

- [6] Despy, J., vd., *Old Inks: Pigments Extracted from Plants*, 19th National Symposium on Applied Biological Sciences, Gembloux (Belçika), Şubat 2014.
- [7] Karadağ, R., *Doğal Boyamacılık*, Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayınları, 2007.
- [8] Karana, E., Barati, B., ve Giaccardi, E., "Living Artefacts: Conceptualizing Livingness as a Material Quality in EverydayArtefacts," *International Journal of Design*, 14 (3), 2020. 37-53.
- [9] Kennedy, G., *Do plant-based inks point to a more sustainable print future?* 9 Haziran 2022. <https://www.sappipapers.com/insights/print-media/how-plant-based-inks-point-to-a-more-sustainable-print-future> (Erişim tarihi: 31.03.2023)
- [10] Özay, S., *Eski Mısır Tekstil ve Giysi Tarihine Giriş*, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, İzmir, 2004.
- [11] Özkavruk-Adanır, E., Batı Anadolu Halılarındaki Değişim, *İzmir Kent Ansiklopedisi Kültür Sanat 1*. Dü. E. Sevinçli ve S. Çelenk. İzmir Büyükşehir Yayınları, İzmir, 2017. 252-255.
- [12] Öztürk, İ., *Doğal Bitkisel Boyalarla Yün Boyama*, Dokuz Eylül Yayınları, İzmir, 1999.
- [13] Öztürk, İ., *Dokumaya Giriş: Halı, Düz Dokumalar ve Dokuma Kumaşların Üretim Teknolojileri*, Mor Fil Yayınları, Ankara, 2007.
- [14] Planthrin, D-K., Animal Ethics and Welfare in the Fashion and Lifestyle Industries, *Green Fashion Environmental Footprints and Eco-design of Products and Processes*. Dü. S. S. Muthu ve M. A. Gardetti. Springer, Singapur, 2016. 49-122.
- [15] Singh, N. ve Sharma, V., "Detail Study of Ink Formulation from Natural Colourants," *International Journal For Technological Research In Engineering*, 4 (9), 2017. 1634-1636.
- [16] Storey, J., *Dyes and Fabrics*. The Thames and Hudson, Londra, 1985.
- [17] Thakker, A. M., ve Danmei S., "Engineering Sustainable Inks from Natural Biomaterials for Digital Printing," *Sustainability and Climate Change*, 15(4), 2022. 272-278.
- [18] Vogler, H., "The Craft of Dyeing in Ancient Egypt," *Textile History*, 13 (2), 1982. 159-163.

A CASE STUDY ON ENERGY CONSUMPTION OF THE EXTENDED DUCT, LOOP DUCT AND RADIAL DUCT VENTILATION NETWORKS SATISFYING INDOOR AIR QUALITY NEEDS

Oguzhan KESMEZ¹, Serhat Cem SEN¹, Sebnem Imge KARAGOZ¹, Sahin GUNGOR^{1*}

¹ Izmir Katip Celebi University, Department of Mechanical Engineering, 35620, TURKEY

*Corresponding author: Asst. Prof. Dr. Sahin GUNGOR, sahin.gungor@villanova.edu, sahin.gungor@ikc.edu.tr

ABSTRACT

Indoor air quality is a key factor affecting the personal comfort and health conditions of people living in various spaces. The importance of indoor air quality has become more obvious just after the Covid-19 pandemic. At this point, various types of mechanical ventilation systems provides fresh air and evacuates the exhaust air, yet most of these systems don't satisfy the indoor air quality requirements of ventilated spaces. Furthermore, ventilation rates and supply air speed are the crucial and overlooked parameters of personal comfort. In mechanical ventilation systems, pressure losses cause energy consumption, and we need to select high-performance fans at elevated pressure drop levels. Therefore, total energy consumption of a mechanical ventilation system is crucial design parameter of ventilation network design. In this work, we investigate various duct networks for the mechanical ventilation system of a research laboratory. The indoor air quality requirements are taken from ASHRAE 62.1 standard for 10 researchers within the selected domain. The number of vents, duct hydraulic diameters, materials, area of the zone, temperature level, and total population are kept the identical while ventilation network geometry is changed to compare the total energy consumption. The results indicate that the radial duct system is about 35% energy efficient than the extended duct network. Furthermore, the total pressure losses experienced by the radial duct scenario is about 8% less than the loop duct network.

Keywords: Indoor air quality, radial duct network, loop duct system, extended duct network.

I. INTRODUCTION

Ventilation research and development process has started in 14th century when the mining was developing. Deleterious air in the mining space was a big concern back then. Over the years and R&D, big centrifugal fans and sophisticated ventilation systems have overcome this

concern in 20th century [1,2]. Furthermore, this sophisticated ventilation systems and centrifugal fans have become one of the important elements in buildings. The reason of becoming an important element in building is ventilation systems have an important role in human health by satisfying the indoor air quality conditions [3], and it is obvious that poor air quality has unfavorable effects on human health [4].

The importance of indoor air quality has become more obvious just after the Covid-19 pandemic and more understandable when you know the fact that people spend %90 of their lives within the indoor spaces [5]. However, energy consumption has become a new concern with sophisticated mechanical ventilation systems. Mechanical ventilation systems consume big amount of energy up to 60-70% of the total consumption of non-industrial buildings. At this point, well-designed mechanical ventilation systems can reduce energy consumption and provide huge energy-saving while satisfying the indoor air quality and thermal comfort standards [6]. In the literature, many scientific papers have been published for indoor air quality requirements and energy consumptions of various ventilation zone and types. H. Amin [7] studied the effects of mechanical ventilation methods and types on private buildings. Three different methods of velocity reduction method, equal friction method and static regain method have been utilized, and the findings indicate that these methods can be used to make the duct design process more effective. Daisey et al. [8] investigated on indoor air quality and building-related health problems in schools by evaluating information on causal relationships between pollutant exposures and health symptoms. Results showed that many classrooms are not well ventilated based on ASHRAE ventilation standards until 1999 in United States. Filters within the mechanical ventilation units are crucial components to prevent contaminated air supply to the ventilated space Quang et al. [9] studied on the effects of ventilation system filters for the cases in Japan, and fan coil unit filters are strongly suggested to provide clean outdoor air in HVAC systems.

On the other hand, Perez et al. [10, 11] focused on natural ventilation and energy saving potential of no mechanical ventilation scenario. The results showed that building designs suitable for natural and mixed ventilation systems are achieve to desirable level of thermal comfort and indoor air quality by consuming less energy compared to the mechanical ventilation systems. Ben - David and Waring [12] modelled two different strategies of mechanical and natural ventilation, and they compared these scenarios for the office domains

in fourteen US cities to observe energy consumption of the systems. It is documented that heating energy load can be reduced by natural ventilation strategies, and cooling energy load can be decreased under all ventilation strategies compared to the mechanical minimum strategy. Fiser and Jicha [13] examined the influence of air duct geometry of an air jet in aircraft cabin ventilation system. They concluded that the air duct geometry is effective on the direction of air jets generated by air distribution. Likewise, Yuan-dong et. al. [14] numerically investigated the impacts of the ventilation duct number and duct geometry on ventilation performance in a subway tunnel by considering five different cases. The results indicates that the number of ducts is the key factor on the total mass flow rate of air sucked into the tunnel through the ventilation duct.

Literature papers mainly focus on the energy consumption of existing ventilation networks. This study aims to design most efficient ventilation duct network geometry for a research laboratory with 10 researchers by analyzing various duct network geometries: radial duct geometry, extended duct geometry, and loop duct geometry. Supply-exhaust air ventilation rates and ventilation efficiency are calculated via ASHRAE 62.1 standard [15], while the supply air ventilation speed is determined according to the ASHRAE 55 [16] comfort requirements. The number of vents, duct hydraulic diameters, duct-vent materials, total area of the ventilated zone, temperature level, and total population are kept the identical while ventilation network geometry has been changed to compare the total energy consumption of the investigated ventilation networks.

II. METHOD AND MODEL

In this study, we aim to design a ventilation network satisfying both indoor air quality conditions and lower energy consumption. At this point, all assumptions, calculations, and required ventilation parameters comply with ASHRAE 62.1 and 62.2 standards [15,17]. Breathing zone outdoor airflow is the amount of outside air that must be delivered to an indoor space to maintain acceptable indoor air quality for occupants. This parameter is crucial for the quality of the air taken into the area. The breathing zone outdoor airflow per person is calculated as follows:

$$V_{bz} = R_p \times P_z + R_a \times A_z \quad (1)$$

where, V_{bz} is the breathing zone outdoor airflow, R_p denotes the outdoor airflow rate required per person, P_z is the zone population that is the number of people in the ventilation zone, R_a corresponds the outdoor airflow rate required per unit area, and A_z is the net occupiable floor

area of the ventilation zone. Next step is the determination of the zone outdoor airflow which is the motion of the air surrounding by a specific area. Zone outdoor airflow rate for 10 researchers working in a university laboratory can be calculated as:

$$V_{oz} = V_{bz}/E_z \quad (2)$$

where, V_{oz} is the zone outdoor airflow, and E_z is the zone air distribution effectiveness value which is obtained from ASHRAE 62.1 standard. Occupant diversity can vary with respect to type of space, age of occupant, activities, cultural background, and gender. Occupant diversity ratio (D) is calculated via:

$$D = P_s / \sum_{All\ zones} P_z \quad (3)$$

where, P_s and P_z are the system and zone population, respectively. Uncorrected air intake, which is the air supplied to the zone without any adjustments, should be calculated with the help of occupant diversity. Uncorrected air intake flow (V_{ou}) for the selected domain can be calculated as follows:

$$V_{ou} = D \times \sum_{All\ zones} [R_p \times P_z] + \sum_{All\ zones} [R_a \times A_z] \quad (4)$$

On the other hand, ventilation efficiency of the investigated network is used in the calculation of the outside air that will enter the system.

$$E_v = 0.88 \times D + 0.22 \quad \text{for } D < 0.60 \quad (5.1)$$

$$E_v = 0.75 \quad \text{for } D \geq 0.60 \quad (5.2)$$

where, E_v is the system ventilation efficiency changing with the occupant diversity ratio level. The outdoor air intake (V_{ot}) refers to fresh air into the zone whether with the help of a ventilation system or in a natural way, which is calculated by:

$$V_{ot} = V_{ou}/E_v \quad (6)$$

The next step is the determination of the required number of vents (N_{vent}) for the supply and exhaust streams. The main factors to be considered when calculating the number of vents is; outdoor air intake, vent effective area, and volume flow rate of the vent. At this point, occupant comfort conditions are taken into account with the help of ASHRAE 55 standard [16]. Afterward, the corresponding area for the determined vent size should be taken from the effective area table [20].

$$V_c \times A_{eff} = Q_{one\ vent} \quad (7)$$

$$Q_{one\ vent} \times \rho = M_{one\ vent} \quad (8)$$

$$N_{vent} = (M_{one\ vent} \times 3600\ s) \times V_{ot} \quad (9)$$

where, V_c is supply air comfort velocity, $Q_{one\ vent}$ is volume flow rate per one vent, $M_{one\ vent}$ is mass flow rate of one vent. A_{eff} is effective area. The calculation we need to do in this step is calculated the Reynolds number. To calculate the Reynolds number, we need to calculate the air velocity in the duct (V_{duct}).

$$V_{duct} = (V_{ot})/(\pi \times d^2) \quad (10)$$

The Reynolds number is then calculated to determine the flow regime within the ventilation duct system:

$$D_h = \frac{4A_c}{P} \quad (11)$$

$$Re = \rho \times \frac{V_{duct} \times D_h}{\mu} \quad (12)$$

where, V_{duct} is the air velocity in the duct, ρ is the density of the air, D_h is the duct hydraulic diameter, μ is the dynamic viscosity of the air. After calculating the Reynolds number, the friction factor value should be found. At this point, the Reynolds number we calculated via Eq. 12, and the roughness value that changes depending on the material used in the system are required. Using these values, friction factor is calculated by using Moody chart or Colebrook equation [19].

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \times \log_{10} \left(\frac{2.51}{Re \times \sqrt{f}} + \frac{\varepsilon}{3.71 \times D_h} \right) \quad (13)$$

where, f is Darcy flow friction factor (dimensionless), Re is Reynolds number, ε/D_h is the relative roughness.

Major losses are associated with the frictional viscous effects, and mean velocity at the ventilation duct system is the dominant parameter in the major loss calculations. Major pressure losses of the investigated ventilation duct structures can be calculated as follows:

$$DP_{major} = f \times \frac{L}{D_h} \times \rho \times \frac{V^2}{2} \quad (14)$$

where, DP_{major} is the major losses of the duct, L is the duct length. On the other hand, minor losses are the energy losses caused by the changes in the geometry of the pipes in the system. Minor loss coefficient is abbreviated by “K”. K values varies for each geometry and can be taken from the minor loss coefficient tables [20]. Minor pressure losses within the ventilation networks are calculated via:

$$DP_{minor} = K \times \rho \times \frac{V^2}{2} \quad (15)$$

After that, the calculated major losses (DP_{major}) and minor losses (DP_{minor}) are summed up and the total loss is determined. The power consumption P_c was calculated by multiplying the total losses obtained with the outdoor air intake (V_{ot}).

$$P_c = V_{ot} \times \sum DP_{system} \quad (16)$$

After that, the calculated power consumption (P_c) value is used in the energy consumption (E_c) calculation in the next step.

$$E_c = P_c \times (t/1000) \quad (17)$$

Table 1-4 present the main dimensions of the investigated ventilation networks and calculated Reynolds number within each component.

Table 1. Properties of Former Connector Part Components.

System Component	Quantities	Dimensions (mm)	Materials	System's Reynolds Number
L_2	1	300×320×5000 (Duct)	Galvanized Steel	10789 (Reynolds number calculated before the connector part.)
L_3	1	300×320×2500 (Duct)	Galvanized Steel	
L_4	1	300×320× 1000 (Duct)	Galvanized Steel	
L_5	1	300×320×500 (Duct)	Galvanized Steel	
E (Elbow)	3	300×320× 1000 (90° Elbow)	Galvanized Steel	
C (Connector)	1	500× 500×500 (Connector)	Aluminium	

Table 2. Extended Duct Network Component Values

System Component	Quantities	Dimensions (mm)	Materials	System's Reynolds Number
L_1	4	300×320×2500 (Duct)	Galvanized Steel	10789 (Reynolds number calculated before the connector part.)
L_2	1	300×320×5000 (Duct)	Galvanized Steel	
L_3	1	300×320×2500 (Duct)	Galvanized Steel	
L_4	1	300×320× 1000 (Duct)	Galvanized Steel	28772 (Reynolds Number in the main ducts)
L_5	1	300×320×500 (Duct)	Galvanized Steel	
L_6	2	400× 400 × 2500 (Square Duct)	Galvanized Steel	
E (Elbow)	7	300×320× 1000 (90° Elbow)	Galvanized Steel	6003 (Reynolds Number in the extended ducts)
V (Vent)	4	600× 600 × 100 (Square Vent)	Aluminium	
C (Connector)	1	500× 500×500 (Connector)	Aluminium	

Table 3. Radial Duct Network Component Values

System Component	Quantities	Dimensions (mm)	Materials	System's Reynolds Number
L_1	4	300×320×2500 (Duct)	Galvanized Steel	10789 (Reynolds number calculated before the
L_2	1	300×320×5000 (Duct)	Galvanized Steel	
L_3	1	300×320×2500 (Duct)	Galvanized Steel	
L_4	1	300×320× 1000 (Duct)	Galvanized Steel	2697.3 (Reynolds number calculated after the
L_5	1	300×320×500 (Duct)	Galvanized Steel	
E (Elbow)	7	300×320× 1000 (90° Elbow)	Galvanized Steel	
V (Vent)	4	600× 600 × 100 (Square Vent)	Aluminium	
C (Connector)	1	500× 500×500 (Connector)	Aluminium	

Table 4. Loop Duct System Component Values

System Component	Quantities	Dimensions (mm)	Materials	System's Reynolds Number
L_1	4	300×320×2500 (Duct)	Galvanized Steel	10789 (Reynolds number calculated before the)
L_2	1	300×320×5000 (Duct)	Galvanized Steel	
L_3	1	300×320×2500 (Duct)	Galvanized Steel	
L_4	1	300×320×1000 (Duct)	Galvanized Steel	
L_5	1	300×320×500 (Duct)	Galvanized Steel	
L_6	4	300×320×2000	Galvanized Steel	2697.3 (Reynolds number calculated after the)
E (Elbow)	7	300×320×1000	Galvanized Steel	
V (Vent)	4	600×600×100	Aluminium	
C (Connector)	1	500×500×500 (Connector)	Aluminium	

III. RESULTS AND DISCUSSION

Investigations on selecting a proper ventilation network contain three different types of systems into consideration. Results are obtained with analytical and theoretical calculations of loop, radial, and extended duct systems. In this study, the main objective is to determine which types of duct network provide sufficient indoor air quality complying with the ASHRAE 62.1 standard. Table 5 presents the calculated breathing zone outdoor and zone outdoor air flow rates, occupant diversity ratio, ventilation network efficiency, and outdoor air intake flow rate.

Table 5. ASHRAE 62.1 requirements for the ventilation zone

Breathing zone outdoor airflow (V_{bz}), [1]	140 L/s
Zone outdoor airflow (V_{oz}), [2]	140 L/s
Occupant diversity ratio (D), [3]	1
Uncorrected air intake flow (V_{ou}), [4]	140 L/s
System ventilation efficiency (E_v), [5]	0.75
Outdoor air intake flow (V_{ot}), [6]	186.7 L/s

The ventilated area of this study is a single space, and the number of individuals working in the laboratory is identical to the total population of the location. As can be seen in the table, the same values of V_{bz} , V_{oz} , and V_{ou} are obtained $D = 1$. On the other hand, the necessary outdoor air intake flow increased to 186.7 L/s as the ventilation system efficiency is equal to 0.75. After this point, the required number of vents was calculated while satisfying the personal comfort conditions. Our aim was to maintain the same vent number in the investigated duct systems to observe the effects of distinct structures on the total energy consumption.

We use vent effective area table (see Fig. 1) of a vent manufacturer to calculate the number of vents [18]. After many trials and evaluations, we decided 70×70 cm vent dimension as optimal. In industrial applications, it can be seen that square vents provide more effective indoor air quality due to more uniform distribution of air, and they can be easily arranged with different networks. The results indicate that 0.300 m² effective area is needed for one vent.

		H (mm)												
		100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900
W (mm)	100	0,006	0,009	0,012	0,015	0,018	0,021	0,024	0,027	0,030	0,036	0,042	0,048	0,054
	150	0,009	0,014	0,019	0,023	0,028	0,033	0,037	0,042	0,047	0,056	0,065	0,074	0,83
	200	0,012	0,019	0,026	0,031	0,038	0,044	0,050	0,056	0,063	0,075	0,088	0,100	0,112
	250	0,015	0,023	0,031	0,039	0,047	0,054	0,062	0,069	0,077	0,092	0,107	0,123	0,138
	300	0,018	0,028	0,038	0,047	0,056	0,065	0,075	0,083	0,093	0,112	0,130	0,148	0,167
	350	0,021	0,033	0,044	0,054	0,065	0,075	0,086	0,096	0,107	0,129	0,150	0,171	0,192
	400	0,024	0,037	0,050	0,062	0,075	0,086	0,099	0,111	0,124	0,148	0,172	0,197	0,221
	450	0,027	0,042	0,056	0,069	0,083	0,096	0,111	0,123	0,138	0,165	0,192	0,219	0,247
	500	0,030	0,047	0,063	0,077	0,093	0,107	0,124	0,138	0,154	0,184	0,215	0,245	0,276
	600	0,036	0,056	0,075	0,092	0,112	0,129	0,148	0,165	0,184	0,221	0,257	0,294	0,330
	700	0,042	0,065	0,088	0,107	0,130	0,150	0,172	0,192	0,215	0,257	0,300	0,342	0,384
	800	0,048	0,074	0,100	0,123	0,148	0,171	0,197	0,219	0,245	0,294	0,342	0,390	0,439
900	0,054	0,083	0,112	0,138	0,167	0,192	0,221	0,247	0,276	0,330	0,384	0,439	0,493	
1000	0,060	0,093	0,125	0,153	0,185	0,213	0,246	0,274	0,306	0,366	0,427	0,487	0,548	
1100	0,066	0,102	0,137	0,168	0,204	0,235	0,270	0,301	0,336	0,403	0,469	0,536	0,602	
1200	0,072	0,111	0,150	0,183	0,222	0,256	0,294	0,328	0,367	0,439	0,512	0,584	0,656	

Figure 1. Vent Effective Area.

The steps given below are followed for determination of required number of vents:

$$\text{Outdoor Air Intake} = 186.7 \text{ L/s} = 672.12 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{\text{eff}} = \text{Volume flow rate of each vent/Effective area}$$

$$\text{Volume flow rate of per vent} = Q = 216 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Number of vents} = (672.12/216) = 3.11 \cong 4$$

Note that we determine the fresh air outlet velocity as 0.2 m/s to ensure the personal comfort conditions while satisfying the indoor air quality requirements. On the other hand, the minor

and major pressure losses experienced by the investigated ventilation networks are calculated as follows:

Velocity of air which is coming from the fan (m/s) = Outdoor air intake/Area of the inlet

Reynolds number (Eq. 12 has been used)

$[\Delta P]_{\text{major}}$ (Eq. 14)

$[\Delta P]_{\text{minor}}$ (Eq. 15)

We used Moody diagram [19] and loss coefficients charts [20] to obtain the friction factor and loss coefficients (K) values, respectively.

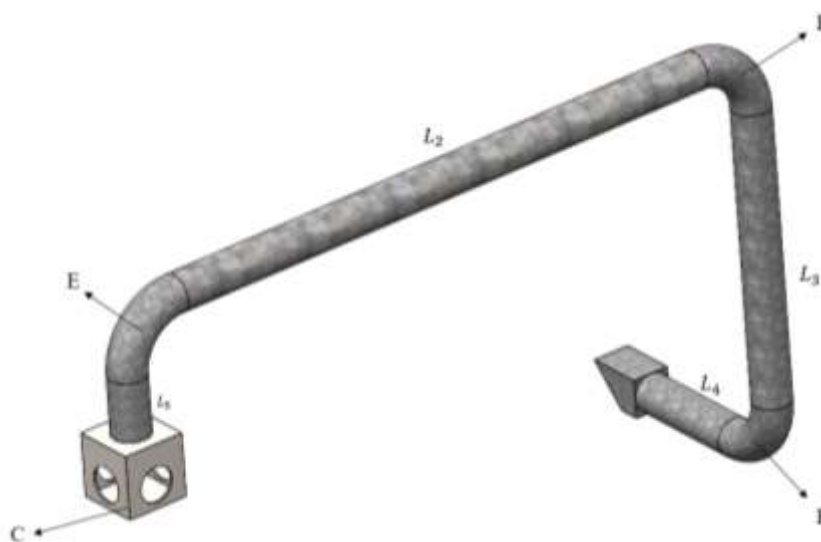


Figure 2. Formet parts of the connector section.

Table 6. Velocity and Re number of the ducts

$V_{L2,L3,L4,L5}$	2.63 m/s
$Re_{L2,L3,L4,L5}$	42761

Table 7. Major and minor pressure losses for single element

Major Losses [Pa]	Minor Losses [Pa]
$[\Delta P]_{L2} = 1.34$	$[\Delta P]_E = 0.65$
$[\Delta P]_{L3} = 0.67$	$[\Delta P]_C = 3.63$
$[\Delta P]_{L4} = 0.27$	
$[\Delta P]_{L5} = 0.13$	

The former parts of the connector section are kept the same for a fair comparison of the investigated ventilation networks. In Fig. 2, connector part is given as “C”, elbows are denoted by “E”, and “L” corresponds the pipeline at various lengths.

3.1 Loop Duct Network Results

In this case, the mass flow rate is divided into four. When compared to the other systems, the loop duct system has the longest duct measurements (Fig 3.). Results indicate that the loop duct system consumes more energy than the radial duct network.

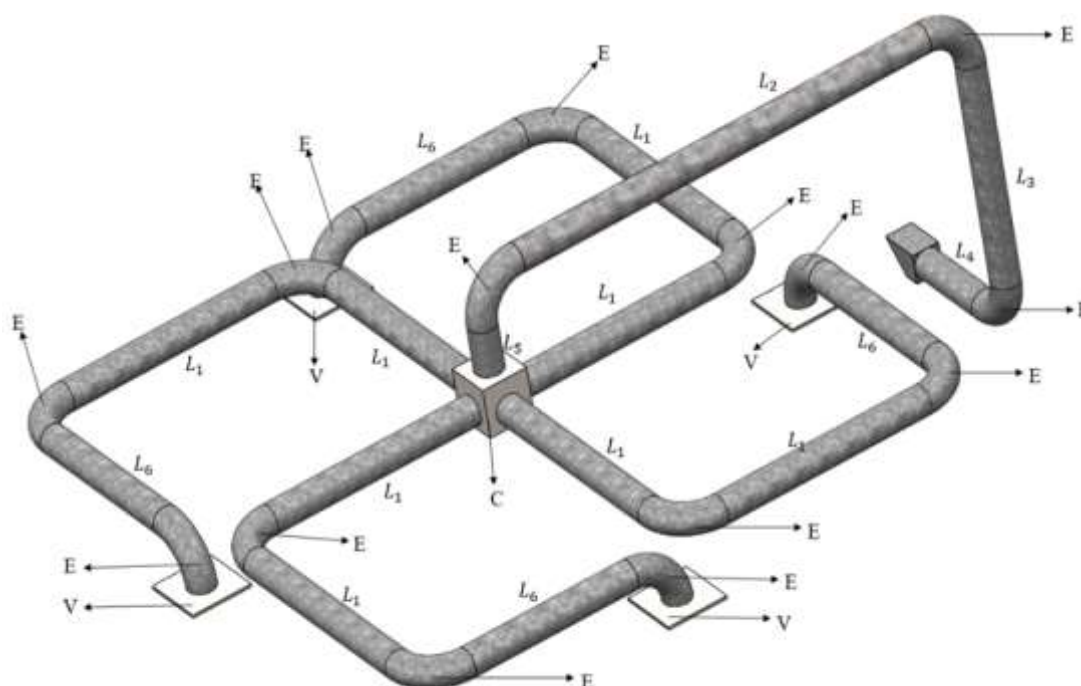


Figure 3. Loop duct ventilation system.

Table 8. Velocity and Re numbers of the ducts

$V_{L1,L6}$	0.665 m/s
Re_{L5}	10789
$Re_{L1,L6}$	2697.3

Table 9. Major and minor pressure losses for single element

Major Losses [Pa]	Minor Losses [Pa]
$[\Delta P]_{L1} = 0.056$	$[\Delta P]_E = 0.042$
$[\Delta P]_{L6} = 0.045$	$[\Delta P]_V = 0.162$

3.2. Radial Duct System Results

The results show that the radial duct system is the most effective ventilation network among the investigated geometries. This is because the radial duct system geometry already satisfies the minimum criteria for indoor air quality. In this case, the mass flow rate is divided into four (Fig. 4). There are only two major and minor losses in the system.

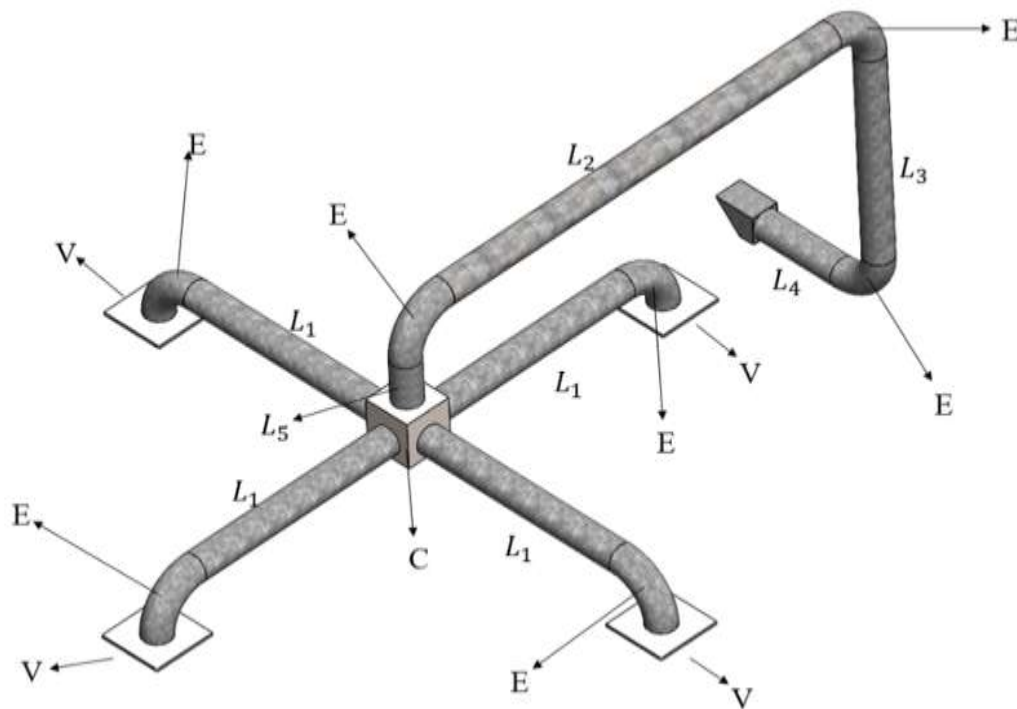


Figure 4. Radial duct ventilation network

Table 10. Velocity and Re number of the ducts

V_{L1}	0.665 m/s
Re_{L5}	10789
Re_{L1}	6003

Table 11. Major and minor pressure losses for single element

Major Losses [Pa]	Minor Losses [Pa]
$[\Delta P]_{L1} = 0.057$	$[\Delta P]_E = 0.042$
	$[\Delta P]_V = 0.162$

3.3. Extended Duct Ventilation Network Results

The pressure loss calculations indicate that the extended duct network design is the less efficient system compared to the other networks. The physical explanation is that the design has rectangular duct geometries including sudden expansions and sharp edges in the corners (Fig. 5). Huge amount of the supplied energy is getting lost due to these sharp edges and sudden expansions.

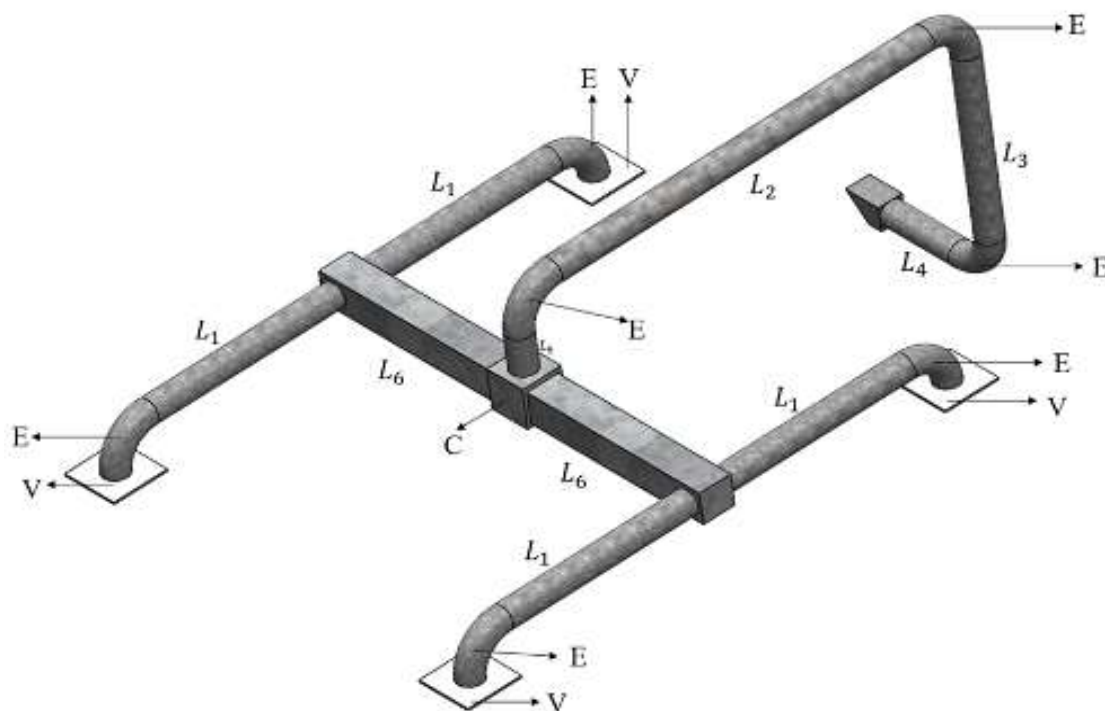


Figure 5. Extended duct ventilation design.

Table 12. Velocity and Re number of the ducts

V_{L6}	1.33 m/s
V_{L1}	0.37 m/s
Re_{L6}	28772
Re_{L1}	6003

Table 13. Major and minor pressure losses for only single element

Major Losses [Pa]	Minor Losses [Pa]
$[\Delta P]_{L6} = 0.27$	$[\Delta P]_{L6} = 0.93$
$[\Delta P]_{L1} = 0.082$	$[\Delta P]_E = 0.013$
	$[\Delta P]_V = 0.05$

Table 14. Pressure losses and total energy consumption.

(Connector pressure losses included in the System Pressure Loss values)

	LOOP	RADIAL	EXTENDED
Total Minor Losses [Pa]	1.148	0.816	5.742
Total Major Losses [Pa]	0.636	0.235	0.360
Total Losses [Pa]	1.784	1.050	6.102
System Pressure Loss [Pa]	10.408	9.71	14.762
Total Energy Consumption [kWh]	7.020	6.516	9.936

Table 14 shows that the total system pressure loss and overall energy consumption of the radial duct network are comparatively lower than the other investigated ventilation networks. Therefore, we propose radial duct network design providing energy efficiency during the ventilation operations. Overall energy consumption of the ventilation systems is directly related with electricity bills, so the radial duct ventilation network presents an economical profit. Furthermore, low overall energy consumption corresponds lower carbon footprint, and this issue is becoming more important day by day as the world's energy waste increases.

IV.CONCLUSIONS

In this study, ventilation requirements of a research laboratory including 10 researchers have been determined according to the ASHRAE 62.1 standard to satisfy indoor air quality conditions. Various ventilation duct networks are proposed, and these designs are compared in terms of pressure losses and total energy consumption. Main findings of this study are given as follows:

Total energy consumption of the investigated ventilation networks increase with number of vents. At this point, determination of the required number of vents is strongly influenced from comfort and indoor air quality conditions included in ASHRAE 55 and ASHRAE 62.1 standards.

Pressure loss calculations of the extended duct network geometry show that the rectangular duct geometries cause higher minor losses on the connection points compared to the circular duct geometry because of the sharp edges.

The results indicate that the radial duct system is about 35% more energy efficient than the extended duct network. Furthermore, the total pressure drop experienced by the radial duct scenario is about 8% less than the loop duct network.

Simple and symmetric duct network geometries are detected as more efficient for a rectangular laboratory ventilation zone.

REFERENCES

- [1] Reed, W., and Taylor, C. (1900). Factors affecting the development of mine face ventilation systems in the 20th century.
- [2] Forbes, J.J., and Ankeny, M.J., 1929, “Some Phases of Coal-Mine Ventilation.” U.S. Bureau of Mines Information Circular 6126
- [3] Spengler, J. D., Samet, J. M., & McCarthy, J. F. (2001). Indoor air quality handbook
- [4] Kingspan, Understanding Building Ventilation, <https://www.kingspan.com/ie/en/knowledge-articles/understanding-building-ventilation-guide/>, Last accessed: 31st March, 2023.
- [5] United States Environmental Protection Agency, ‘Indoor Air Quality: What are the trends in indoor air quality and their effects on human health?’
- [6] Jia, L.-R.; Han, J.; Chen, X.; Li, Q.-Y.; Lee, C.-C.; Fung, Y.-H. Interaction between Thermal Comfort, Indoor Air Quality and Ventilation Energy Consumption of Educational Buildings (2021)
- [7] Nehayat H. Amin (2019). Design and study of ventilation systems for natural and private buildings.
- [8] J. M. Daisey, W. J. Angell, M. G. Apte (2013). Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: an analysis of existing information
- [9] Quang TN, He C, Morawska L, Knibbs LD (2013). Influence of ventilation and filtration on indoor particle concentrations in urban office buildings. *Atmospheric Environment*, 79: 41–52.
- [10] Oropeza-Perez I, Østergaard PA (2014a). Energy saving potential of utilizing natural ventilation under warm conditions—A case study of Mexico. *Applied Energy*, 130: 20–32.
- [11] Tong Z, Chen Y, Malkawi A (2017). Estimating natural ventilation potential for high-rise buildings considering boundary layer meteorology. *Applied Energy*, 193: 276–286.
- [12] Ben-David T, Waring MS (2016). Impact of natural versus mechanical ventilation on simulated indoor air quality and energy consumption in offices in fourteen US cities. *Building and Environment*, 104: 320–336.
- [13] J. Fišer and M. Jícha (2013). The influence of air duct geometry on air jet direction in aircraft cabin ventilated by mixing ventilation.

- [14] Huang Yuan-dong, Gong Xiao-lu, Peng Yue-jiao, Lin Xiao-yu, Kim Chang-Nyung (2011). Effects of the ventilation duct arrangement and duct geometry on ventilation performance in a subway tunnel
- [15] ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2019
- [16] ANSI/ASHRAE Standard 55-2019
- [17] ANSI/ASHRAE Standard 62.2-2019
- [18] http://www.gmcmenfez.com/urun_detay.php?id=59, Last accessed: 30th March, 2023.
- [19] Cengel, Yunus, and John Cimbala. *Ebook: Fluid mechanics fundamentals and applications (si units)*. McGraw Hill, 2013.
- [20] Chhabra, Raj P., ed. *Handbook of thermal engineering*. CRC press, 2017.

SİCİM BULUTU MADDE DAĞILIMININ $f(Q)$ KÜTLEÇEKİM TEORİSİNDE ARAŞTIRILMASI

Samira JALALİ ¹, Doç. Dr. Sezgin AYGÜN ²

¹ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, -000-0003-1774-6274

² Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Fakültesi, -0000-0002-2969-4195

ÖZET

Einstein tarafından ortaya atılan genel görelilik teorisi, evrenin büyük ölçekli yapısını ve kozmolojik olayları oldukça iyi açıklayabilir. Bu teori birçok kozmolojik testten başarı ile geçmiştir. Ancak, bazı kozmolojik olaylar ve yapıların işleyiş mekanizmaları, dinamiği, genel görelilik teorisi ile tam olarak açıklanamamaktadır. Bu sebep ile, alternatif teoriler ortaya atılmıştır. $f(Q)$ kütleçekim teorisi de genel görelilik teorisine alternatif olarak geliştirilmiş bir teoridir. Bu teori, 1983 yılında galaksilerin dönme eğrisi problemini açıklamak için Milgrom tarafından önerilmiştir. Son zamanlarda bu teori birçok bilim insanı tarafından aktif olarak çalışılmaktadır. Çözümler incelendiğinde, çalışmaların çok büyük kısmının ideal akışkan madde topluluğu için ele alındığı görülmektedir. Diğer kozmik madde dağılımları çoğu zaman ihmal edilmiştir. Bu çalışmada Ruban uzayında, sicim bulutu kozmik madde dağılımı $f(Q)$ alternatif kütleçekim teorisinde ele alınmıştır. Çözümler aranırken a ve b sabitler olmak üzere $f(Q) = aQ + b$ şeklinde lineer bir modelden faydalanılmıştır. Ayrıca diferansiyel denklem sisteminin çözümü için ilk olarak metrik potansiyelleri arasındaki bağıntıdan, ikinci olarak $q = -kt + m - 1$ şeklinde tanımlanan lineer ve zamana bağlı (k ve m ifadeleri sabittir) frenleme parametresinden yararlanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, κ Ruban sabitinin 0, 1 ve -1 değerleri için araştırılmış ve buna bağlı olarak $f(Q)$ kütleçekim teorisinde sonuçlar elde edilip grafikleri çizilmiştir. Ardından dönüşüm yapılarak $f(Q)$ kütleçekim teorisinden genel rölativite teorisine geçilmiş ve bu teoride Ruban evren modeli için yine aynı yaklaşımlar kullanılarak sicim bulutu madde dağılımının çözümlerine ulaşılmıştır. Elde edilen çözümler κ Ruban metriğine ait olan sabitin 0, 1 ve -1 değerleri için incelenmiş grafikleri çizilerek ayrıntılı olarak yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Genel Rölativite, $f(Q)$ Kütleçekim Teorisi, Ruban Evren Modeli, Sicim Bulutu Madde Dağılımı.

¹ ve ² Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Koordinasyon Birimi tarafından FDK-2022-4184 proje numarası ile desteklenmiştir.

1. GİRİŞ

Ricci skaleri, genel görelilik kuramında ve çeşitli modifiye kütleçekim teorilerinde kütleçekimden sorumlu olmuştur (Einstein, 1916). Simetrik teleparalel kütleçekiminde, Genel Rölativite (GR) teorsinide kullanılan eğrilik skaleri R , non-metricity skaleri Q ile yer değiştirmiştir. Eğrilik ve burulma olmayan bir uzaydaki kütleçekimini belirleyen non-metricity skaleri, Q olarak varsayılmıştır (Jimenez, Heisenberg, & Koivisto, 2018). Son zamanlarda sıklıkla çalışılan $f(Q)$ kütleçekim teorisi çok çeşitli yönlerden incelenmiştir. Kovaryant formülasyon (Zhao, 2022) enerji koşulları, Cosmography (Mandal, Wang, & Sahoo, 2020), kozmolojide $f(Q)$ kütleçekim teorisinin signatürü (Frusciante, 2021), Λ CDM teorisi için bir alternatif (Anagnostopoulos, Basilakos, & Saridakis, 2021) bu çalışmalardan sadece birkaçıdır. Bir metrik-affine uzay zamanı açıları ve mesafeleri ölçen bir $g_{\mu\nu}$ metriği ve paralel taşıma ve kovaryant türev kavramlarını tanımlayan $\chi_{\lambda\mu\nu}$ genel koneksiyonuyla verilir. Diferansiyel geometriden, genel affine koneksiyonu (T. Ortin, 2004)

$$X_{\mu\nu}^{\lambda} = \Gamma_{\mu\nu}^{\lambda} + K_{\mu\nu}^{\lambda} + L_{\mu\nu}^{\lambda} \quad (1)$$

Şeklinde tanımlanır. Burada

$$\Gamma_{\mu\nu}^{\lambda} = \frac{1}{2} g^{\lambda\beta} \left(\frac{\partial g_{\beta\mu}}{\partial x^{\nu}} + \frac{\partial g_{\beta\nu}}{\partial x^{\mu}} - \frac{\partial g_{\mu\nu}}{\partial x^{\beta}} \right) \quad (2)$$

Levi-Civita koneksiyonudur.

$$K_{\mu\nu}^{\lambda} = \frac{1}{2} (T_{\mu\nu}^{\lambda} + T_{\mu}^{\lambda}{}_{\nu} + T_{\nu}^{\lambda}{}_{\mu}) \quad (3)$$

Kontorsiyon tensörüdür.

$$L_{\mu\nu}^{\lambda} = \frac{1}{2} (Q^{\lambda}{}_{\mu\nu} - Q_{\mu}^{\lambda}{}_{\nu} - Q_{\nu}^{\lambda}{}_{\mu}) \quad (4)$$

Disformation tensörüdür. Non-metricity tensörü metrik potansiyelin kovaryant türevi olarak tanımlanır. Non-metricity tensörünün izleri aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$Q_{\lambda} = Q_{\lambda}{}^{\mu}{}_{\mu}, \quad \tilde{Q}_{\lambda} = Q^{\mu}{}_{\lambda\mu} \quad (5)$$

Superpotansiyel tensörü

$$P_{\mu\nu}^{\lambda} = \frac{1}{4}(-Q^{\lambda}_{\mu\nu} + 2Q_{(\mu}^{\lambda}{}_{\nu)} - Q^{\lambda}g_{\mu\nu} - \tilde{Q}^{\lambda}g_{\mu\nu} + \delta_{(\mu}^{\lambda}Q_{\nu)}) \quad (6)$$

Şeklinde ve non-metricity skaleri ise

$$Q = -Q_{\lambda\mu\nu}P^{\lambda\mu\nu} \quad (7)$$

Şeklinde tanımlanır. Genel Göreliliğe eşdeğer simetrik teleparalel gravitasyon teorisi için etki (Jimenez, Heisenberg, & Koivisto, 2018) integrali aşağıdaki gibidir:

$$S = \int d^4x \sqrt{-g} \left(\frac{1}{2}f(Q) + L_m \right) \quad (8)$$

Burada f , non-metricity skalerinin keyfi bir fonksiyonudur. $g = \det(g_{\mu\nu})$ ve L_m maddenin Lagrangian yoğunluğudur. Etkinin sırasıyla metrik tensör ve koneksiyona göre varyasyonu alınır, alan denklemleri

$$\frac{2}{\sqrt{-g}} \nabla_{\lambda}(\sqrt{-g} f_Q P^{\lambda}_{\mu\nu}) - \frac{1}{2} f g_{\mu\nu} + f_Q (P_{\nu\rho\sigma} Q_{\mu}{}^{\rho\sigma} - 2 Q^{\rho\sigma}_{\nu} P_{\rho\sigma\mu}) = T_{\mu\nu} \quad (9)$$

$$\nabla_{\nu} \nabla_{\mu}(\sqrt{-g} f_Q P^{\mu\nu}_{\lambda}) = 0 \quad (10)$$

Şekilde elde edilir.

2. f(Q) KÜTLEÇEKİM TEORİSİNDE ALAN DENKLEMLERİ VE ÇÖZÜMLERİ

Bu çalışmada Szekeres evrenini özel bir formu olan, aynı zamanda inhomojen ve anizotropik uzay zaman geometrisi olan Ruban metriği ele alınacaktır. Bu metrik

$$ds^2 = -dt^2 + A(x,t)^2 dx^2 + B(t)^2 dy^2 + B(t)^2 \left(\frac{\sin(y\sqrt{\kappa})}{\sqrt{\kappa}} \right)^2 dz^2 \quad (11)$$

şeklinde tanımlanır. κ eğrilik parametresidir. (x, y, z, t) kartezyen koordinat sisteminde $A(x, t)$ ve $B(t)$ metrik potansiyelleridir. Sicimler, erken evrende sıcaklık değişimine bağlı olarak

simetri bozulmalarından sonra ortaya çıktığı düşünülen tek boyutlu kozmik yapılardır. Sicimlerin oluşturduğu böyle bir sicim bulutunun enerji momentum tensörü

$$T_{\mu\nu} = (p + \rho) u_{\mu} u_{\nu} + p g_{\mu\nu} - \lambda x_{\mu} x_{\nu} \quad (12)$$

şeklinde verilir. Burada, λ sicim gerilimin yoğunluğunu p basınç ve ρ toplam enerji yoğunluğunu göstermektedir. (9) numaralı denklemde Ruban metriği ve sicim bulutu enerji momentum tensörü yerine yazıp ve $f(Q)$ için,

$$f(Q) = a Q + b \quad (13)$$

Seçimi yapılır ise, $f(Q)$ teoride, sicim bulutu enerji momentum tensörünün, Ruban uzay zamanındaki alan denklemleri aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\frac{2aB''}{B} + \frac{a(B')^2}{B^2} + \frac{a\kappa}{B^2} - \frac{b}{2} = -p + \lambda$$

$$\frac{aB''}{B} + \frac{aA_{tt}}{A} + \frac{aA_t B'}{AB} - \frac{b}{2} = -p \quad (14)$$

$$\frac{2aA_t B'}{AB} + \frac{a(B')^2}{B^2} + \frac{a\kappa}{B^2} - \frac{b}{2} = \rho$$

Görüldüğü üzere üç denklem ve ρ , p , λ , A ve B olmak üzere beş bilinmeyenli bir denklem sistemi elde edilmiştir. Bu sistemi çözmek için en az iki yardımcı denkleme ihtiyaç vardır. Bu yüzden ilk olarak, Ruban evreninin katsayıları arasındaki bağıntıyı veren aşağıdaki eşitliği kullanacağız.

$$A(x, t) = x B(t)^n \quad (15)$$

İkinci olarak ise, q frenleme parametresini $q = -kt + m - 1$ (Dereli & Akarsu, 2012) seçerek hesaplamalarımız yapacağız. (14), (15) ve frenleme parametresinden faydalanarak, $B(t)$ metrik potansiyelini aşağıdaki gibi elde ederiz.

$$B(t) = \left(\frac{kt}{2m-kt} \right)^{\frac{3}{m(n+2)}} \quad (16)$$

Böylece $A(x,t)$ metrik potansiyeli de elde edilmiş olur. $A(x,t)$ ve $B(t)$ için elde edilen eşitlikler alan denklemlerinde yerine yazılırsa denklem sistemin çözümleri aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\lambda(t) = a\kappa \left(\frac{kt}{2m-kt} \right)^{-\frac{6}{m(n+2)}} + \frac{12 a (n-1)(-kt+m-3)}{t^2(n+2)(kt-2m)^2} \quad (17)$$

$$p(t) = -\frac{72 a (n^2+n+1)}{2t^2(n+2)^2(kt-2m)^2} + \frac{12 a (n+1)}{t^2(n+2)(kt-2m)} + \frac{b}{2} \quad (18)$$

$$\rho(t) = 2 a \kappa \left(\frac{kt}{(2m-kt)} \right)^{-\frac{6}{m(n+2)}} + \frac{36 a (2n+1)}{t^2(n+2)^2 (kt-2m)^2} - \frac{b}{2} \quad (19)$$

$\kappa = 0, 1$ ve -1 değerlerini alabilen, Ruban evren modelinin bir sabitiydi. Burada ilk olarak $\kappa = 0$ değeri için çözümlerimiz aşağıdaki gibi elde edilir:

$$\lambda(t) = \frac{12 a (n-1)(-kt+m-3)}{t^2(n+2)(kt-2m)^2} \quad (20)$$

$$p(t) = -\frac{72 a (n^2+n+1)}{2t^2(n+2)^2(kt-2m)^2} + \frac{12 a (n+1)}{t^2(n+2)(kt-2m)} + \frac{b}{2} \quad (21)$$

$$\rho(t) = \frac{36 a (2n+1)}{t^2(n+2)^2 (kt-2m)^2} - \frac{b}{2} \quad (22)$$

$\kappa = 1$ seçilirse çözümler aşağıdaki gibidir:

$$\lambda(t) = a \left(\frac{kt}{2m-kt} \right)^{-\frac{6}{m(n+2)}} + \frac{12 a (n-1)(-kt+m-3)}{t^2(n+2)(kt-2m)^2} \quad (23)$$

$$p(t) = -\frac{72 a (n^2+n+1)}{2t^2(n+2)^2(kt-2m)^2} + \frac{12 a (n+1)}{t^2(n+2)(kt-2m)} + \frac{b}{2} \quad (24)$$

$$\rho(t) = 2 a \left(\frac{kt}{(2m-kt)} \right)^{-\frac{6}{m(n+2)}} + \frac{36 a (2n+1)}{t^2(n+2)^2 (kt-2m)^2} - \frac{b}{2} \quad (25)$$

$\kappa = -1$ seçilirse, çözümler aşağıdaki gibidir:

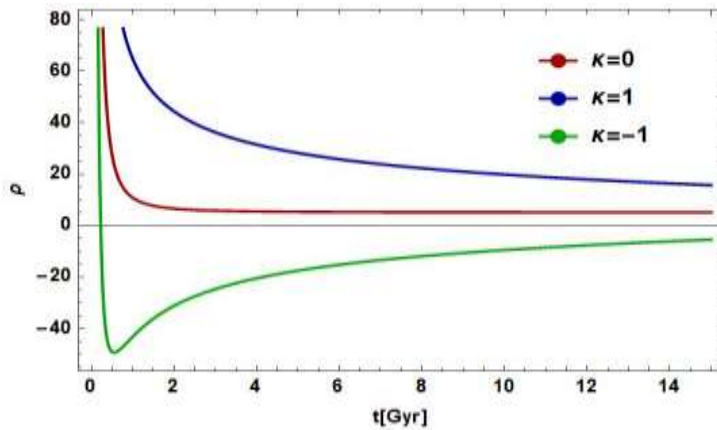
$$\lambda(t) = -a \left(\frac{kt}{2m-kt} \right)^{-\frac{6}{m(n+2)}} + \frac{12 a (n-1)(-kt+m-3)}{t^2(n+2)(kt-2m)^2} \quad (26)$$

$$p(t) = -\frac{72 a (n^2+n+1)}{2t^2(n+2)^2(kt-2m)^2} + \frac{12 a (n+1)}{t^2(n+2)(kt-2m)} + \frac{b}{2} \quad (27)$$

$$\rho(t) = -2 a \left(\frac{kt}{(2m-kt)} \right)^{-\frac{6}{m(n+2)}} + \frac{36 a (2n+1)}{t^2(n+2)^2 (kt-2m)^2} - \frac{b}{2} \quad (28)$$

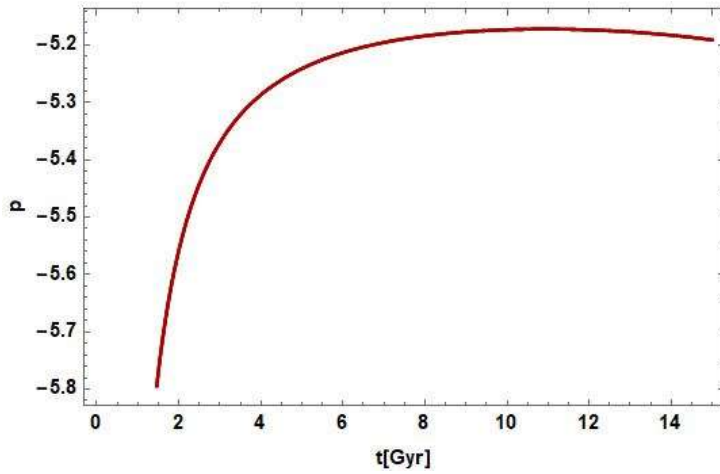
3. TARTIŞMA VE SONUÇ

Elde ettiğimiz sonuçlardan yola çıkarak sabitlerin bazı özel seçimleri için kozmolojik parametrelerinin grafikleri aşağıdaki gibi çizilmiştir.



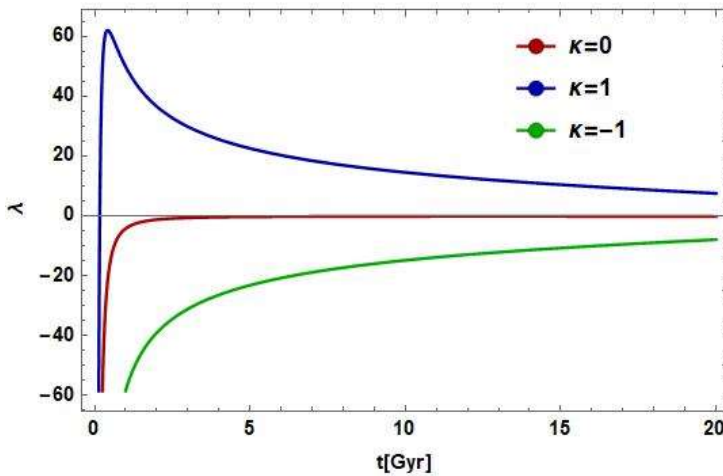
Şekil.1. Ruban evren modelinde, toplam yoğunluğun zamana göre değişim grafiği

Elde edilen sonuçlardan yola çıkarak $\lim_{t \rightarrow \infty} \rho(t) = 0$ sonucu elde edilir. Bu sonuç zaman ilerledikçe evrenin hacminin artmasından dolayı enerji yoğunluğunun azalmasını ve hacim sonsuza giderken yoğunluk sıfıra yaklaşmasını göstermektedir. Günümüz gözlemleri bu sonucu desteklemektedir.



Şekil.2. Ruban evren modelinde, basıncın zamana göre değişim grafiği

Grafikten ve ilgili denklemden $\lim_{t \rightarrow \infty} p(t) = 0$ sonucu elde edilir. Enerji yoğunluğuna benzer bir şekilde basınç hacimle ters orantılı olduğundan evren genişledikçe basınç azalmaktadır ve hacim sonsuza giderken basınç sıfıra yaklaşmaktadır. Basıncın negatif olması evrende bir kütle-itim kuvvetinin hakim olduğunu ve genişleyen evreni göstermektedir.



Şekil.3. Ruban evren modelinde, sicim gerilimin zamana göre değişim grafiği

Grafikten görüldüğü üzere sicim gerilimi zamanla azalmaktadır. (17). denklemden de görüldüğü üzere, $\lim_{t \rightarrow \infty} \lambda(t) = 0$ sonucu elde edilir. Günümüz evreninde sicim yoğunluğu sıfır olduğu düşünülmektedir. Elde edilen sonuç bu beklentiyi karşılamaktadır. Eğer $k = 0$ yani $q = m + 1$ seçilirse ve $n = 1$ ya $m = 3$ seçersek $\lambda(t) = 0$ elde edilir. Ayrıca tüm modellerde, basınç, yoğunluk ve gerilimlerin zamanın karesi ile ters orantılı değiştiği, aynı zamanda b sabitinin basıncı artırırken, yoğunluğu azalttığı görülmüştür.

Ayrıca, $f(Q)$ simetrik teleparalel kütleçekim teorisinde $f(Q) = Q$ seçimi yapılırsa çözümlerimiz Genel Görelilik teorisinde Ruban uzay zamanında sicim bulutunun çözümlerine dönüşür. $f(Q) = Q$ için alan denklemleri aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\frac{2B''}{B} + \frac{(B')^2}{B^2} + \frac{a\kappa}{B^2} = -p + \lambda \quad (29)$$

$$\frac{B''}{B} + \frac{A_{tt}}{A} + \frac{A_t B'}{AB} = -p \quad (30)$$

$$\frac{2A_t B'}{AB} + \frac{(B')^2}{B^2} + \frac{a\kappa}{B^2} = \rho \quad (31)$$

(29)-(31) arası denklemler, 5 bilinmeyenden oluşmaktadır. (15) denklemi ve frenleme parametresi olan $q = -kt + m - 1$ (Dereli & Akarsu, 2012) eşitliğini kullanırsak

$$B(t) = \left(\frac{kt}{2m-kt} \right)^{\frac{3}{m(n+2)}} \quad (32)$$

Numaralı eşitliği elde ederiz. (15), (29)-(32) denklemlerinden, genel rölativite teorisinde, Ruban uzay zamanı için sicim bulutu madde dağılımının çözümlerini aşağıdaki gibi elde ederiz.

$$\lambda(t) = \kappa \left(\frac{kt}{2m-kt} \right)^{-\frac{6}{m(n+2)}} + \frac{12 (n-1)(-kt+m-3)}{t^2 (n+2)(kt-2m)^2} \quad (33)$$

$$p(t) = -\frac{72 (n^2+n+1)}{t^2 (n+2)^2 (kt-2m)^2} + \frac{12 (n+1)}{t^2 (n+2)(kt-2m)} \quad (34)$$

$$\rho(t) = 2 \kappa \left(\frac{kt}{2m-kt} \right)^{-\frac{6}{m(n+2)}} + \frac{36 (2n+1)}{t^2 (n+2)^2 (kt-2m)^2} \quad (35)$$

4. TEŞEKKÜR

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Koordinasyon Birimi tarafından FDK-2022-4184 proje numarası ile desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

- [1] Anagnostopoulos, F., Basilakos, S., Saridakis, E., First evidence that non-metricity $f(Q)$ gravity could challenge Λ CDM, 2021.
- [2] Dereli, T., Akarsu, Ö., Cosmological models with linearly varying deceleration parameter. Int. J. Theoret. Phys., 51, 612, 2012.
- [3] Einstein, A., Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie. Annalen der Physik 354, 769, 1916.
- [4] Frusciante, N., Signatures of $f(Q)$ gravity in cosmology, Phys. Rev. D, 103, 0444021, 2021.
- [5] Beltrán Jiménez, J., Heisenberg, L., Koivisto, T.S., Pekar, S. Cosmology in $f(Q)$ geometry. Phys. Rev. D, 101, 2021.
- [6] Jimenez, J.B., Heisenberg, L., Koivisto, T., Coincident general relativity. Phys. Rev. D, 98, doi:10.1103, 2018.
- [7] Mandal, S., Sahoo, P.K., Santos, A., Energy Conditions in $f(Q)$ gravity. Phys. Rev. D, 102, 024057, 2020.
- [8] Mandal, S., Wang, D., Sahoo, P.K., Cosmography in $f(Q)$ gravity. Phys. Rev. D, 102, 124029, 2020.
- [9] Ortin, T., Gravity and Strings. Cambridge University Press, Cambridge, England, 2004.
- [10] Zhao, D., Covariant formulation of $f(Q)$ theory, Eur. Phys. J. C 82, 303, 2022.

f(Q) VE GE-NEL RÖLATİVİTE KÜTLEÇEKİM TEORİLERİNDE RUBAN EVREN MODELİ ÇÖZÜMLERİ

Samira JALALI¹, Doç. Dr. Sezgin AYGÜN²

¹ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, -000-0003-1774-6274

² Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Fakültesi, -0000-0002-2969-4195

ÖZET

Son yıllarda yapılan ayrıntılı araştırma ve özellikle Supernova Ia gözlemleri ile evrenin ivmelenerek genişlediği anlaşılmıştır. Evrenin genişleme hızı ile ilgilidir. Evrenin genişlemesi, ilk kez Edwin Hubble tarafından gözlemlenmiştir. Hubble, 1920'lerde yaptığı gözlemlerle, uzak gökadalara bizden uzaklaştığını ve bu uzaklaşmanın hızının gökadalara uzaklığı ile doğru orantılı olduğunu keşfetmiştir. Bu da sonuç olarak, evrenin genişlediği anlamına gelir. Ancak, daha sonraki gözlemler, evrenin genişleme hızının, gökadalara uzaklığına göre değiştiğini göstermiştir. Yani, uzak gökadalara uzaklaşma hızı, beklenenden daha hızlıdır. Bu sonuç, evrenin ivmelenmesi olarak adlandırılır. Evrenin ivmelenmesine sebep olan güç, karanlık enerji olarak adlandırılan gizemli bir enerjidir. Karanlık enerji, evrenin tüm uzayını dolduran ve negatif basınçta sahip olan bir enerji formudur. Bu enerjinin varlığı, evrenin ivmelenmesini hızlandırır. Karanlık enerjinin yapısı, ne olduğu hala tam olarak bilinmemektedir, ancak evrenin yaklaşık %70 'ini oluşturduğu düşünülmektedir. Karanlık enerjinin varlığı, evrenin geleceği için son derece önemlidir. Evrenin dinamik yapısını açıklayan ve en tutarlı teori olarak kabul gören teori Einstein tarafından öne sürülen Rölativite teorisi olarak bilinmektedir. Ancak bu teori, evrenin ivmelenmesi, karanlık enerji, kara delikler gibi birtakım olguları açıklamakta yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple, son zamanlarda bu teoriye alternatif olacak yeni teoriler ortaya atılmıştır. f(Q) teoride, rölativite teorisine alternatif olarak sunulan teorilerden biridir. Bu çalışmada, f(Q) kütleçekim teorisinde, ideal akışkan madde topluluğu için Ruban evreninde çözümler elde edilmiştir. Daha sonra, f(Q) teoriden, rölativite teorisine geçiş yapılarak, çözümler sunulmuş, basınç, yoğunluk ve metrik potansiyellerinin grafikleri verilerek, sonuçlar ayrıntılı şekilde araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Genel Rölativite, f(Q) Teori, Ruban Evren Modeli, Simetrik teleparalel kütleçekim teorisi.

^{1 ve 2} Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Koordinasyon Birimi tarafından FDK-2022-4184 proje numarası ile desteklenmiştir.

1. GİRİŞ

Genel görelilik teorisi ve tetrad tabanlı teleparalel kütleçekim teorileri aynı matematiksel model ile inşa edilmelerine rağmen, aynı bileşenleri kullanmazlar. Genel Görelilik teorisinde geometrik yorum eğrilik tensörü $R_{\alpha\beta}$ ile açıklanırken, Affin koneksiyonu, $\Gamma_{\mu\nu}^{\alpha}$ metrik uyumlu ve torsiyonsuz Levi-Civita koneksiyonudur (Einstein, 1916). Semi-Riemann uzayının doğasında var olan kavramsal ve teknik zorlukları göz önünde bulundurarak, gözlemsel başarılarına rağmen, teorinin formülasyonu daha basit bir uzayda ele alınması istenmektedir. Ayrıca Supernova Ia gözlemlerine dayanarak 1998 ve 1999 yıllarında iki bağımsız araştırma grubu tarafından evrenin ivmelenerek genişlediği ortaya çıkmıştır (A.G. Riess et al, 1998; S. Perlmutter et al., 1999). İvmelenerek genişleyen evreni açıklamak için çeşitli modifiye teorileri ortaya atılmıştır. Bunun üzerine Genel Görelilik teorisinde Einstein-Hilbert etkisini, geometrik yapısı bozulmadan, Lagranjian'ını değiştirerek $f(R)$ teori gibi modifiye kütleçekim teoriler ortaya atılmıştır. Bununla birlikte Lagranjan'ı değiştirmeden geometrik yapıyı değiştirerek elde edilen farklı teoriler de ortaya atılmıştır. Örneğin Genel Görelilik teorisine eşdeğer teleparalel kütleçekim teorisi (TEGR). Bu teoride eğrilik tensörü $R_{\alpha\beta} = 0$ alınarak koneksiyon Weitzenböck formuna dönülmüştür (Pereira, 2013). Diğer bir teori simetrik teleparalel kütleçekim teorisi (STTEGR) düz ve torsiyonsuz bir uzayda formüle edilmiştir (J.B. Jimenez, 2018). Bu çalışmada alternatif teorilerden olan $f(Q)$ kütleçekim teorisinde ideal akışkan madde dağılımı kullanılarak Ruban uzay zamanında çözümler aranacaktır.

Genel affine koneksiyonu $X_{\mu\nu}^{\lambda}$, Levi-Civita koneksiyonu, kontorsiyon ve disformasyon tensörleri yardımıyla aşağıdaki gibi tanımlanır (T. Ortin, 2004)

$$X_{\mu\nu}^{\lambda} = \Gamma_{\mu\nu}^{\lambda} + K_{\mu\nu}^{\lambda} + L_{\mu\nu}^{\lambda} \quad (1)$$

(1) Numaralı denklemdeki bilinmeyenler aşağıdaki gibidir

$$\begin{aligned} \Gamma_{\mu\nu}^{\alpha} &= \frac{1}{2} g^{\alpha\beta} \left(\frac{\partial g_{\beta\mu}}{\partial x^{\nu}} + \frac{\partial g_{\beta\nu}}{\partial x^{\mu}} - \frac{\partial g_{\mu\nu}}{\partial x^{\beta}} \right) \\ K_{\mu\nu}^{\alpha} &= \frac{1}{2} (T_{\mu\nu}^{\alpha} + T_{\mu}^{\alpha}{}_{\nu} + T_{\nu}^{\alpha}{}_{\mu}) \\ L_{\mu\nu}^{\alpha} &= \frac{1}{2} (Q_{\mu\nu}^{\alpha} - Q_{\mu}^{\alpha}{}_{\nu} - Q_{\nu}^{\alpha}{}_{\mu}) \end{aligned} \quad (2)$$

Bunlar, sırasıyla Levi-Civita koneksiyonu, kontorsiyon tensörü ve disformation tensörleridir. Non metricity tensörü ise aşağıdaki gibidir:

$$Q_{\alpha\mu\nu} = \nabla_{\alpha} g_{\mu\nu} \quad (3)$$

Super potansiyel tensörü aşağıdaki gibi kullanılır;

$$P_{\mu\nu}^{\lambda} = \frac{1}{4}(-Q^{\lambda}_{\mu\nu} + 2Q_{(\mu}^{\lambda}{}_{\nu)} - Q^{\lambda} g_{\mu\nu} - \tilde{Q}^{\lambda} g_{\mu\nu} + \delta_{(\mu}^{\lambda} Q_{\nu)}) \quad (4)$$

Yine denklemlerde kullanacağımız, non-metricity skaleri ise aşağıdaki gibidir (R. Lazkoz et al., 2019)

$$Q = -Q_{\lambda\mu\nu} P^{\lambda\mu\nu} \quad (5)$$

Genel Göreliliğe eşdeğer simetrik teleparalel gravitasyon teorisi için etki integrali (J.B. Jimenez, 2018):

$$S = \int d^4x \sqrt{-g} \left(\frac{1}{2} f(Q) + L_m \right) \quad (6)$$

Şeklinde tanımlanır. Burada f , non-metricity skalerinin keyfi bir fonksiyonudur.

$g = \det(g_{\mu\nu})$ ve L_m maddenin Lagrangiyen yoğunluğudur. Maddenin stres-enerji tensörü

$$T_{\mu\nu} = - \frac{2}{\sqrt{-g}} \frac{\delta(\sqrt{-g} L_m)}{\delta g_{\mu\nu}} \quad (7)$$

Olarak yazılabilir. Etkinin sırasıyla metrik tensör ve koneksiyona göre varyasyonu alınır, alan denklemleri aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\frac{2}{\sqrt{-g}} \nabla_{\lambda} (\sqrt{-g} f_Q P^{\lambda}_{\mu\nu}) - \frac{1}{2} f g_{\mu\nu} + f_Q (P_{\nu\rho\sigma} Q_{\mu}^{\rho\sigma} - 2 Q^{\rho\sigma}_{\nu} P_{\rho\sigma\mu}) = T_{\mu\nu} \quad (8)$$

$$\nabla_{\nu} \nabla_{\mu} (\sqrt{-g} f_Q P^{\mu\nu}_{\lambda}) = 0 \quad (9)$$

2. f(Q) TEORİDE RUBAN EVRENİ İÇİN ALAN DENKLEMLERİ VE ÇÖZÜMLERİ

Evren evrim sürecinde farklı evrelerden geçmiştir. İlk evrelerden olarak bilinen inhomojen ve anizotropik evrede madde tekdüze bir şekilde dağılmamıştır. Bu evrenin ilk zamanlarını

tanımlamaya yarayan modellerden biri de Ruban uzay zamanıdır. Bu metrik aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$ds^2 = -dt^2 + A(x, t)^2 dx^2 + B(t)^2 dy^2 + B(t)^2 \left(\frac{\sin(y\sqrt{\kappa})}{\sqrt{\kappa}} \right)^2 dz^2 \quad (10)$$

Burada, A ve B metrik potansiyeller ve metrik (x, y, z, t) kartezyen koordinatlarda verilmiştir. Bu metrikte tanımlanan κ değeri bir sabit olup, $\kappa = 0, \pm 1$ değerlerini alır. Ruban metriği için non-metricity skalerinin değeri aşağıdaki gibi elde edilir:

$$Q = \frac{2(B')^2}{B^2} + \frac{4A_t B'}{AB} \quad (11)$$

Burada çizgi ve alt indisler türevleri ifade etmektedir. Ek olarak bu uzay zaman için Hubble parametresi H , hacim V ve genişleme skaleri θ gibi bazı kinematik nicelikler aşağıdaki gibi verilir.

$$H = 3\left(\frac{A_t}{A} + \frac{B'}{B}\right)$$

$$V = \frac{AB^2 \sin(y\sqrt{\kappa})}{\sqrt{\kappa}} \quad (12)$$

$$\theta = \frac{A_t}{A} + \frac{2B'}{B}$$

İdeal akışkan viskozitesi sıfır olan evreni dolduran teorik bir madde türüdür. Bu maddenin stress-enerji tensörü (13) denklemindeki gibidir.

$$T_{\mu\nu} = (p + \rho) u_\mu u_\nu + p g_{\mu\nu} \quad (13)$$

Burada ρ enerji yoğunluğunu ve p basıncı göstermektedir. u_μ ise 4-lü hız vektörleridir. Ruban evren modelinde, $f(Q)$ teoride çözümlerimizi elde etmek için, $f(Q) = aQ + b$ olarak seçilebilir. Burada a ve b keyfi sabitlerlerdir. (8) - (13) denklemlerinden alan denklemleri

$$\frac{2aB''}{B} + \frac{aB'^2}{B^2} + \frac{a\kappa}{B^2} - \frac{b}{2} = -p$$

$$\frac{aB''}{B} + \frac{aA_{tt}}{A} + \frac{aA_t B'}{AB} = -p \quad (14)$$

$$\frac{2aA_t B'}{AB} + \frac{aB'^2}{B^2} + \frac{a\kappa}{B^2} - \frac{b}{2} = \rho$$

Şeklinde elde edilir. İşlemlerin basitliği açısından sonuçları elde ederken, $\kappa = 0$ modelini kullanacağız. (14) numaralı denklemlere bakıldığında üç denklem ve A, B, ρ ve p olmak üzere 4 bilinmeyen olduğunu görüyoruz. Denklem sisteminin çözümü için bir adet yaklaşıklık almamız gereklidir. Bu çalışmada, Ruban evreninin katsayıları arasındaki bağıntıyı veren aşağıdaki eşitliği kullanacağız.

$$A(x, t) = x B(t)^n \quad (15)$$

(14) ve (15) numaralı denklemlerden elde edilen çözümler aşağıdaki gibidir:

$$B = ((n+2)(ct+d))^{\frac{1}{n+2}}$$

$$A = x((n+2)(ct+d))^{\frac{n}{n+2}}$$

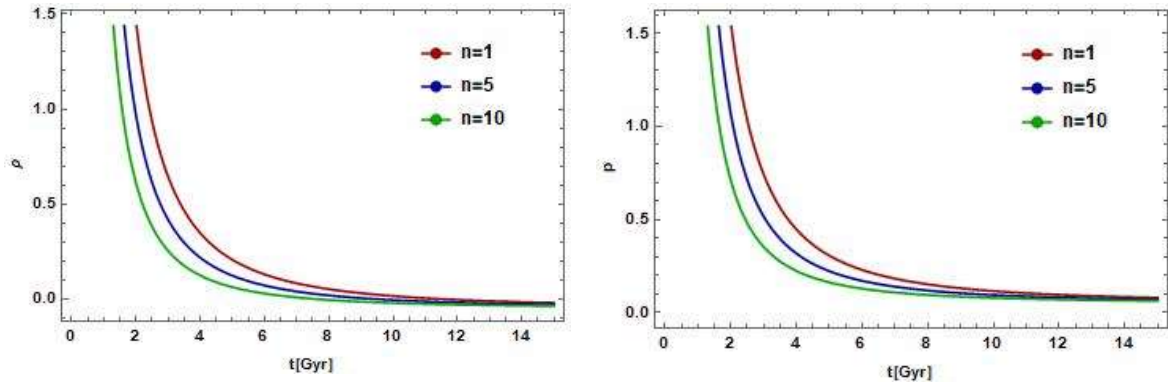
$$p = \frac{c^2 a(2n+1)}{(n+2)^2 (ct+d)^2} + \frac{b}{2} \quad (16)$$

$$\rho = \frac{c^2 a(2n+1)}{(n+2)^2 (ct+d)^2} - \frac{b}{2}$$

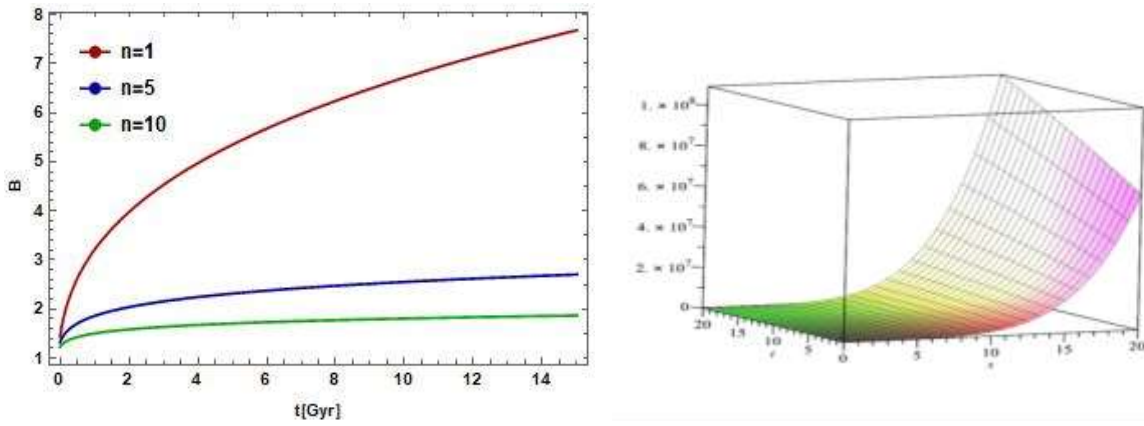
Burada c ve d keyfi integral sabitleridir.

3. TARTIŞMA VE SONUÇ

Elde edilen sonuçların daha iyi analiz etmek için verilerin grafikleri çizilmiştir. Bu grafikler keyfi sabitlerin $a = 20, b = 0.1, c = 10, d = 1$ seçimleri için çizilmiştir.



Şekil.1. Ruban evren modelinde yoğunluk ve basıncın değişim grafikleri.



Şekil.2. Ruban evren modelinde metrik potansiyellerin değişim grafikleri.

Metrik potansiyelleri evrenin farklı yönlerde ve açılarda nasıl davrandığını göstermektedir. Ruban metriğinde $B(t)$ metrik potansiyeli kozmik zamana ve $A(x, t)$ metrik potansiyeli x, t koordinatlarına bağlıdır. Grafiklerden görüldüğü üzere her iki metrik potansiyel genişleyen evren modelini göstermektedir.

Ayrıca, $f(Q)$ simetrik teleparalel kütleçekim teorisinde $f(Q) = Q$ seçimi yapılırsa çözümlerimiz Genel Görelilik teorisindeki sonuçlara indirgenebilir. f fonksiyonunun bu seçimi ile Rölative teorisinde Ruban uzay zamanında ideal akışkan çözümlerini de bulmuş oluruz. $f(Q) = Q$ için Rölative teorisinde alan denklemleri aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\frac{2B''}{B} + \frac{B'^2}{B^2} + \frac{\kappa}{B^2} = -p$$

$$\frac{B''}{B} + \frac{A_{tt}}{A} + \frac{A_t B'}{AB} = -p \quad (17)$$

$$\frac{2A_t B'}{AB} + \frac{B'^2}{B^2} + \frac{\kappa}{B^2} = \rho$$

$\kappa = 0$ için, $A(x, t) = x B(t)^n$ eşitliliği kullanılarak (17) denklemleri çözülür ise, elde edilen yeni sonuçlar aşağıdaki gibidir:

$$B = ((n+2)(ct+d))^{\frac{1}{n+2}}$$

$$A = x((n+2)(ct+d))^{\frac{n}{n+2}}$$

$$p = \frac{c^2(2n+1)}{(n+2)^2(ct+d)^2} \quad (18)$$

$$\rho = \frac{c^2(2n+1)}{(n+2)^2(ct+d)^2}$$

4. TEŞEKKÜR

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Koordinasyon Birimi tarafından FDK-2022-4184 proje numarası ile desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

- [1] Riess, A.G. et al., Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant, *Astron. J.*, 116,1009, 1998.
- [2] Einstein, A., Sitzungsberichte der K"oniglich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 831, 1915.
- [3] Einstein, A., Die Grundlage der allgemeinen Relativit"atstheorie, *Annalen der Physik* 354, 769, 1916.
- [4] Pereira, R. A., Teleparallel Gravity., Springer, 354, 769, 2013.
- [5] Jimenez, J.B., Heisenberg, L., Koivisto, T., Coincident general relativity. *Phys. Rev. D*, 98, 2018.
- [6] Lazkoz, R., et al., Observational constraints of $f(Q)$ gravity. *Phys. Rev. D* 100, 104027, 2019.
- [7] Perlmutter, S., et al., Measurements of Ω and Λ from 42 High-Redshift Supernovae. *Astrophys. J.* 517, 565, 1999.
- [8] Ortin, T., Gravity and Strings. Cambridge University Press, Cambridge, England, 2004.
- [9] Zhao, D., Covariant formulation of $f(Q)$ theory. *Eur. Phys. J. C* 82, 303, 2022.

TOPOLOJİK UZAYLARIN AYRIK BİRLEŞİMİ

Dr. Öğr. Üyesi, Arife ATAY

Dicle Üniversitesi, - 0000-0002-3373-8699

ÖZET

Bu çalışma, ikişer ikişer ayrık ve boş olmayan bir topolojik uzay ailesinin serbest birleşimini ve ayrık birleşim topolojisi (topolojik toplam) üzerine araştırmayı içerir. Topolojik uzaylar için bilinen tanım ve teoremler kullanılarak topolojik toplam için tanımlar, teoremler ve bazı sonuçlar elde edilmiştir.

Topolojik uzaylar tanıtıldıktan sonra genel bilgiler verilerek, serbest bileşim için iki farklı yaklaşımdan söz edilmiştir. İlk yaklaşımda; verilen bir topolojik uzayın belirli bir takım özellikleri sağlayan alt uzayları ele alınmış ve alınan topolojik uzayın bu özel alt uzayların serbest bileşimi olduğundan söz edilmiştir. İkincisinde ise; ikişer ikişer ayrık ve boş olmayan bir topolojik uzay ailesi olan $\{(X_\lambda, \tau_\lambda)\}_{\lambda \in \Lambda}$ için $X = \bigcup_{\lambda \in \Lambda} X_\lambda$ uzayının, bu çalışmada bahsi geçen ayrık birleşim topolojisi ile $\{(X_\lambda, \tau_\lambda)\}_{\lambda \in \Lambda}$ ailesinin serbest bileşimi olduğu açıklanmıştır.

Çalışmanın devamı olarak sözü geçen yaklaşımlardan ikincisi ele alınarak araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmaların sonucu olarak ayrık birleşim topolojisinin bazı özel halleri verilmiş ve serbest bileşimin açık ve kapalı alt kümeleri, bir kümenin içi ve kapanışı gibi topolojik kavramlar tanıtılmıştır. Araştırmanın ilerleyen kısmında ise topolojik toplamlar üzerinde sürekli dönüşümler, yakınsaklık, taban ve ayırma aksiyomları ile ilgili elde edilen teoremler ve sonuçlar verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ayrık birleşim topolojisi, serbest birleşim, topoloji, topolojik toplam.

1. TOPOLOJİK TOPLAMLAR

(X, τ) bir topolojik uzay olsun. $X = \bigcup_{\lambda \in \Lambda} X_\lambda$ koşulunu sağlayan $\{(X_\lambda, \tau_\lambda)\}_{\lambda \in \Lambda}$ alt uzayları ailesi olmak üzere her $\lambda \in \Lambda$ ve her $G \subseteq X$ açık (kapalı) kümesi için $G \cap X_\lambda$ kümesi X_λ da açık (kapalı) olduğunu biliyoruz. Ayrıca $G \in \tau$ ($G^c \in \tau$) $\Leftrightarrow \forall \lambda \in \Lambda, G \cap X_\lambda \in \tau_\lambda$ [$(G \cap X_\lambda)^c \in \tau_\lambda$] oluyorsa, (X, τ) uzayına $(X_\lambda, \tau_\lambda)$ uzaylarının **serbest bileşimi** denir [1].

Teorem: (X, τ) bir topolojik uzay; $(X_\lambda, \tau_\lambda)$ alt uzaylar ve $X = \bigcup_{\lambda \in \Lambda} X_\lambda$ olsun. Eğer

$\forall \lambda \in \Lambda$ için X_λ alt kümesi X de açık,

veya

$\forall \lambda \in \Lambda$ için X_λ alt kümesi X de kapalı ve $\{(X_\lambda, \tau_\lambda)\}_{\lambda \in \Lambda}$ yerel sonlu

oluyorsa X uzayı $\{(X_\lambda, \tau_\lambda)\}_{\lambda \in \Lambda}$ ailesinin serbest bileşimi olur.

İspat: Önce, her $\lambda \in \Lambda$ için X_λ nın X de açık olduğunu kabul edelim. Tanım gereği X_λ alt uzayı için açık olan her kümenin X de açık olduğu görülür. Buna göre, $G \subseteq X$ olmak üzere $G \cap X_\lambda \in$

τ_λ kümelerinin $\{G \cap X_\lambda\}_{\lambda \in \Lambda}$ ailesi X in açık kümeleri ailesidir ve açık kümelerin keyfi birleşimi de açık olduğundan,

$$\bigcup_{\lambda \in \Lambda} (G \cap X_\lambda) = G \cap \left(\bigcup_{\lambda \in \Lambda} X_\lambda \right) = G \cap X = G$$

kümesi X de açık olacaktır. $G \in \tau$ ise her $\lambda \in \Lambda$ için $G \cap X_\lambda$ nın X_λ da açık olacağı açıktır. O halde X , $\{(X_\lambda, \tau_\lambda)\}_{\lambda \in \Lambda}$ ailesinin serbest bileşimidir.

Şimdi $\{(X_\lambda, \tau_\lambda)\}_{\lambda \in \Lambda}$, her $\lambda \in \Lambda$ için, X_λ , X de kapalı olmak üzere yerel sonlu bir aile olsun. Bu durumda, X_λ için kapalı olan her küme X için de kapalıdır. Bunun için X_λ nın bir kapalı kümesi $K \cap X_\lambda$ olsun. Her $\lambda \in \Lambda$ için $K \cap X_\lambda$, X_λ uzayında kapalı olduğundan $K \cap X_\lambda$ kümeleri X uzayında da kapalı ve $\{K \cap X_\lambda\}$ ailesi yerel sonludur. Buradan

$$\bigcup_{\lambda \in \Lambda} (K \cap X_\lambda) = K \cap \left(\bigcup_{\lambda \in \Lambda} X_\lambda \right) = K \cap X = K$$

ve X de kapalı kümelerin (sonlu) bileşimi kapalı olduğundan K, X 'de kapalıdır.

$\{(X_\lambda, \tau_\lambda)\}_{\lambda \in \Lambda}$ bir topolojik uzaylar ailesi ve $X = \bigcup_{\lambda \in \Lambda} X_\lambda$ olsun. X üzerinde söz konusu topoloji τ , “ $G \subseteq X$ açıktır $\Leftrightarrow \forall \lambda \in \Lambda, G \cap X_\lambda$ da açıktır” ile tanımlansın. (X, τ) topolojik uzayı için, $(X_\lambda, \tau_\lambda)$ topolojik uzaylarının alt uzay olması gerekmez. Çünkü her $\lambda_1, \lambda_2 \in \Lambda$ için $X_{\lambda_1} \cap X_{\lambda_2}$ kümesi, X_{λ_1} ve X_{λ_2} uzaylarında açık (kapalı) oluyorsa X uzayı verilen ailenin serbest bileşimi olduğu gibi her bir X_λ kümesi de X de açık veya kapalı olur. Yani verilen aile ayrık aile ise $X = \bigcup_{\lambda \in \Lambda} X_\lambda$ uzayı ailenin yine serbest bileşimi olacaktır [1,2].

Tanım: Topolojik uzayların $\{(X_\lambda, \tau_\lambda)\}_{\lambda \in \Lambda}$ ailesi ayrık ise $X = \bigcup_{\lambda \in \Lambda} X_\lambda$ uzayı yukarıda sözü edilen topoloji ile bu ailenin serbest bileşimi olup X uzayına X_λ uzaylarının **topolojik toplamı** denir ve bu durumu anlatmak üzere $X = \bigoplus X_\lambda, \lambda \in \Lambda$ yazılır. Yani, bir (X, τ) topolojik uzayı, ikişer ikişer ayrık ve açık X_λ kümelerinin bileşimi oluyorsa $X = \bigoplus X_\lambda$ olur. $X = \bigoplus X_\lambda$ topolojik toplamının sahip olduğu τ topolojisi **ayrık bileşim topolojisi** olarak adlandırılmaktadır [1,3].

Bundan sonraki bölümlerde $\{(X_\lambda, \tau_\lambda)\}_{\lambda \in \Lambda}$ ailesi ayrık, $X = \bigcup_{\lambda \in \Lambda} X_\lambda$ ve $(X, \tau) = X_\tau$ uzayı da topolojik toplam uzayı olarak anlaşılabacaktır.

1.1 Açık ve Kapalı Kümeler

Topolojik uzayların $\{(X_\lambda, \tau_\lambda)\}_{\lambda \in \Lambda}$ ayrık ailesi için $X = \bigcup_{\lambda \in \Lambda} X_\lambda$ uzayı üzerinde

$$G \in \tau \Leftrightarrow \forall \lambda \in \Lambda, G \cap X_\lambda \in \tau_\lambda$$

şeklinde tanımlanan τ ailesi aşağıda kanıtlanacağı üzere topoloji aksiyomlarını sağlar. Dolayısıyla (X, τ) ikilisi bir topolojik uzay olur. Özel olarak bu X uzayı tanımlanan τ topoloji ile $\{(X_\lambda, \tau_\lambda)\}_{\lambda \in \Lambda}$ ailesinin serbest bileşimi olacaktır.

Önerme: Tanımlanan τ ailesi topoloji aksiyomlarını sağlar.

İspat:

$\forall \lambda \in \Lambda$ için $\emptyset \cap X_\lambda = \emptyset \in \tau_\lambda \Rightarrow \emptyset \in \tau$ ve $X \cap X_\lambda = X_\lambda \in \tau_\lambda \Rightarrow X \in \tau$

$G_1, G_2 \in \tau$ olsun. $\forall \lambda \in \Lambda$ için $(G_1 \cap G_2) \cap X_\lambda = (G_1 \cap X_\lambda) \cap (G_2 \cap X_\lambda)$ yazılabilir. $G_1, G_2 \in \tau$ olduğundan $\forall \lambda \in \Lambda$ için $G_1 \cap X_\lambda \in \tau_\lambda$ ve $G_2 \cap X_\lambda \in \tau_\lambda$ olur. τ_λ topoloji olduğundan $(G_1 \cap X_\lambda) \cap (G_2 \cap X_\lambda) \in \tau_\lambda$ olur. $(G_1 \cap X_\lambda) \cap (G_2 \cap X_\lambda) = (G_1 \cap G_2) \cap X_\lambda \in \tau_\lambda \Rightarrow G_1 \cap G_2 \in \tau$ olur.

Her $G_1, G_2, \dots \in \tau$ olsun. $\forall \lambda \in \Lambda$ için $(\cup_i G_i) \cap X_\lambda = \cup_i (G_i \cap X_\lambda) \in \tau_\lambda \Rightarrow (\cup_i G_i) \in \tau$ elde edilir.

Tanım: X uzayına X_λ uzaylarının **topolojik toplamı** denir ve $X = \bigoplus X_\lambda$ yazılır. τ ailesinin elemanlarına da X in **açık kümeleri** denir. O halde X in açıkları, her bir X_λ ile arakesiti X_λ da açık olan kümelerdir.

Sonuç: Her $\lambda \in \Lambda$ için $\tau_\lambda \subseteq \tau$ olur.

İspat: $T \in \tau_\lambda \Rightarrow T \cap X_\lambda = T$ veya $T \cap X_\lambda = \emptyset \Rightarrow T \cap X_\lambda \in \tau_\lambda \Rightarrow T \in \tau$

Örnek: $X = \{1,2,3,4,5\}$, $X_1 = \{1,2,3\}$, $X_2 = \{4,5\}$ kümeleri ve X_1, X_2 kümelerine ait topolojiler sırasıyla $\tau_1 = \{\emptyset, X_1, \{1\}, \{1,2\}, \{1,3\}\}$, $\tau_2 = \{\emptyset, X_2, \{4\}\}$ şeklinde verilmiş olsun. X_1 ve X_2 ayrık ve $X = X_1 \cup X_2$ şeklindedir. Şimdi $X = \bigoplus X_\lambda$ topolojik toplamına ait topolojiyi bulalım. Yukarıdaki sonuçtan $\tau_1 \subseteq \tau$ ve $\tau_2 \subseteq \tau$ olur. Ayrıca $\exists \lambda \in \Lambda$ için $G_i \in \tau_\lambda$ olmak üzere $(\cup_i G_i) \in \tau$ olduğunu görmek kolaydır. Buna göre;

τ

$= \{\emptyset, X, X_1, X_2, \{4\}, \{1\}, \{1,2\}, \{1,3\}, \{1,4\}, \{1,2,4\}, \{1,3,4\}, \{1,2,3,4\}, \{4\}, \{1\}, \{1,2,4,5\}, \{1,3,4,5\}\}$

ailesi ile (X, τ) bir topolojik toplam uzayı olur.

Örnek: Boştan farklı bir X kümesi ve $\{(X_\lambda, \tau_\lambda)\}_{\lambda \in \Lambda}$ topolojik uzayların ayrık ailesi için $X = \bigoplus X_\lambda$ olsun. Ayrıca τ_λ topolojilerinin her biri ayrık olmayan topoloji olsun. Önceki örnekte de söz edildiği gibi $\tau = \{\cup_i G_i : \exists \lambda \in \Lambda$ için $G_i \in \tau_\lambda\}$ şeklinde olacağından hiç olmazsa her $\lambda \in \Lambda$ için $X_\lambda \in \tau$ olacak ve dolayısıyla $\Lambda = \{1\}$ durumu dışında τ ayrık olmayan topoloji olmaz.

Sonuç: $\{(X_\lambda, \tau_\lambda)\}_{\lambda \in \Lambda}$ topolojik uzayların ayrık ailesi ve $X = \bigoplus X_\lambda$ olsun. τ, X 'in bahsedilen topolojisi olmak üzere $\Lambda = \{1\}$ durumunun dışında τ ayrık olmayan topolojiden daima farklıdır.

İspat: İspatı için yukarıdaki örneği incelemek yeterlidir. ..

Sonuç: $\{(X_\lambda, \tau_\lambda)\}_{\lambda \in \Lambda}$ topolojik uzayların ayrık ailesi ve $X = \bigoplus X_\lambda$ olmak üzere (X, τ) topolojik uzayı için τ ayrık topolojidir ancak ve ancak her $\lambda \in \Lambda$ için τ_λ ayrık topolojidir.

İspat:

τ ayrık topoloji olsun. Böylece her $x \in X$ için $\{x\} \in \tau$ olur. O halde her $\lambda \in \Lambda$ için $\{x\} \cap X_\lambda \in \tau_\lambda$ dır. Ayrıca X_λ lar ayrık olduklarından $x \in X$ elemanı sadece bir $x \in X$ kümesinde kapsanır. Yani $x \in X_\lambda$ ise $\{x\} \cap X_\lambda = \emptyset$ veya $\{x\} \cap X_\lambda = \{x\}$ olur. Bu durumda her bir $\lambda \in \Lambda$ için $\{x\} \in \tau_\lambda$ olur ve dolayısıyla her $\lambda \in \Lambda$ için τ_λ ayrık topolojidir.

Diğer taraftan her $\lambda \in \Lambda$ için τ_λ ayrık topoloji ise $\tau_\lambda \subseteq \tau$ olduğundan τ ayrık topoloji olacaktır.

Örnek: Sonlu tümleyenler topolojik uzaylarının ayrık bileşimi sonlu tümleyenler topolojisine sahip olmayabilir. $\mathbb{R}^+, \mathbb{R}^-$ kümeleri üzerinde sonlu tümleyenler topolojisini ve $\{0\}$ kümesi için de aynı zamanda sonlu tümleyenler topolojisi olan ayrık topolojiyi alalım. $\mathbb{R} = \mathbb{R}^+ \cup \{0\} \cup \mathbb{R}^-$

olur ve $(\mathbb{R}, \tau)$ topolojik toplamı için $\{0\} \in \tau$ ancak $\mathbb{R} \setminus \{0\}$ sonlu olmadığından τ sonlu tümleyenler topolojisi değildir.

Tanım: $X = \bigoplus X_\lambda$ olmak üzere, (X, τ) topolojik toplamı ve $F \subseteq X$ için eğer $X \setminus F$, X de açık ise F kümesine **kapalı küme** veya kısaca **kapalıdır** denir.

Teorem: $F \subseteq \bigoplus X_\lambda$ olmak üzere F kapalıdır $\Leftrightarrow \forall \lambda \in \Lambda, F \cap X_\lambda, X_\lambda$ uzayında kapalıdır.

İspat: F kapalı ise alt uzay tanımından biliyoruz ki $F \cap X_\lambda$ da X_λ uzayında kapalı olur. Diğer taraftan eğer $\forall \lambda \in \Lambda, F \cap X_\lambda, X_\lambda$ uzayında kapalı ise

$$[(\bigoplus X_\lambda) \setminus F] \cap X_\lambda = X_\lambda \setminus (F \cap X_\lambda)$$

eşitliğinden ve $F \cap X_\lambda$ kapalı olduğundan $X_\lambda \setminus (F \cap X_\lambda)$ kümesi açıktır. Yani $[(\bigoplus X_\lambda) \setminus F] \cap X_\lambda, X_\lambda$ uzayında açıktır. Buradan $(\bigoplus X_\lambda) \setminus F, \bigoplus X_\lambda$ uzayında açık ve dolayısıyla F kümesi $\bigoplus X_\lambda$ uzayında kapalı olur [4].

Not: $\forall \lambda \in \Lambda$ için X_λ uzayı, $\bigoplus X_\lambda$ uzayında hem açık hem kapalıdır.

Sonuç: $\forall \lambda \in \Lambda$ için $(X_\lambda, \tau_\lambda)$ uzayı $(\bigoplus X_\lambda, \tau)$ topolojik toplamının bir alt uzayıdır.

İspat: $X_\lambda \subseteq X$ olduğunu biliyoruz. Şimdi $\forall \lambda \in \Lambda$ ve $\tau' = \{X_\lambda \cap G : G \in \tau\}$ için $\tau' = \tau_\lambda$ olduğunu gösterelim.

$$A \in \tau' \Rightarrow \exists G \in \tau : A = X_\lambda \cap G \Rightarrow X_\lambda \cap G \in \tau_\lambda \Rightarrow A \in \tau_\lambda$$

$$B \in \tau_\lambda \Rightarrow B \in \tau \Rightarrow B = X_\lambda \cap B = B, B \in \tau \Rightarrow X_\lambda \cap B = B \in \tau'$$

1.2 Komşuluk

Tanım: $(X = \bigoplus X_\lambda, \tau)$ topolojik toplam uzayı, $x \in X$ ve $N \subseteq X$ olsun. Eğer $x \in G \subseteq N$ olacak şekilde $G \in \tau$ varsa N kümesine x **noktasının bir komşuluğu** denir. Eğer $A \subseteq X$ olmak üzere $A \subseteq G \subseteq N$ olacak şekilde $G \in \tau$ varsa N ya A **nın bir komşuluğu** denir. x 'in tüm komşuluklarının ailesi $\mathcal{N}_x$ ile gösterilecektir. Buna göre,

$$\mathcal{N}_x = \{N \cup M : N, x' \text{ in } X_\lambda \text{ daki komşuluğu ve } M \subseteq X\}$$

olur.

Sonuç: $(X = \bigoplus X_\lambda, \tau)$ topolojik toplam uzayı, $x \in N \subseteq X$ olsun. Buna göre $x \in X$ olmak üzere $X_\lambda \cap N = \{x\}$ ve $\{x\} \notin \tau_\lambda$ ise N, x için bir komşuluk olamaz.

İspat: Bir $\lambda \in \Lambda$ için $x \in X_\lambda$ olacak şekilde X_λ tektir. Tersine $X_\lambda \cap N = \{x\}$ ve $\{x\} \notin \tau_\lambda$ olmak üzere N, x için bir komşuluk olsun. O halde $x \in G \subseteq N$ olacak şekilde $G \in \tau$ vardır ve τ nun tanımından $G \cap X_\lambda \in \tau_\lambda$ olur. Böylece $G \cap X_\lambda = \{x\} \in \tau_\lambda$ olur ki bu da kabulümüz ile çelişir.

Sonuç: Topolojik toplam uzayı X_τ ' da $G \subseteq X$ açıktır ancak ve ancak G her noktasının bir komşuluğudur.

Sonuç: $x \in X_\lambda \subseteq X, x \in N \subseteq X$ ve $N \neq X_\lambda$ olsun. N, x için X uzayında bir komşuluktur ancak ve ancak $N \cap X_\lambda, x$ için X_λ uzayında bir komşuluktur.

İspat: N, x için X uzayında bir komşuluk olsun. O halde $x \in G \subseteq N$ olacak şekilde $G \in \tau$ vardır. $x \in G \cap X_\lambda \subseteq N \cap X_\lambda$ ve $N \cap X_\lambda \in \tau_\lambda$ olduğundan $N \cap X_\lambda, x$ için X_λ uzayında bir

komşuluktur. Tersine $N \cap X_\lambda$, x için X_λ uzayında bir komşuluk olsun. Buradan $x \in T \subseteq N \cap X_\lambda$ olacak şekilde $T \in \tau_\lambda$ vardır. $\tau_\lambda \subseteq \tau$ olduğundan $T \in \tau$ bulunur. Ayrıca $T \subseteq N \cap X_\lambda \subseteq N$ olduğundan N , x için X uzayında bir komşuluk olur.

1.3 Kapanış

Tanım: (X, τ) topolojik toplam uzayı ve $A \subseteq X$ alt kümesi verilsin. A **kümesinin kapanışı** A kümesini kapsayan tüm kapalı kümelerin arakesitidir ve $\bar{A}$ ile gösterilir.

Sonuç: (X, τ) topolojik toplam uzayı ve $A \subseteq X$ ise $\bar{A} = \bigcup_{\lambda \in \Lambda} \overline{A \cap X_\lambda}$ olur.

1.4 İç Nokta ve İç

Tanım: (X, τ) topolojik toplam uzayı, $A \subseteq X$ ve $x \in A$ olsun. x , A 'nın bir iç noktasıdır ancak ve ancak $x \in T \subseteq A$ olacak şekilde x 'in bir U komşuluğu vardır. A 'nın içi ise A 'nın tüm iç noktalarının kümesidir ve A° ile gösterilir.

Sonuç: (X, τ) topolojik toplam uzayı ve $A \subseteq X$ ise $A^\circ = \bigcup_{\lambda \in \Lambda} (A \cap X_\lambda)^\circ$ olur.

1.4 Taban

Tanım: (X, τ) topolojik toplam uzayı ve $\mathcal{B} \subseteq \tau$ olsun. Eğer τ 'nin her elemanı $\mathcal{B}$ 'nin bazı elemanlarının birleşimi olarak yazılabiliyorsa, $\mathcal{B}$ ailesine τ 'nin tabanı denir.

Sonuç: (X, τ) topolojik toplam uzayında $\mathcal{B} = \{G \subseteq X: \exists \lambda \in \Lambda, G \in \tau_\lambda\}$ ile verilen aile (X, τ) topolojik uzayı için bir taban olur. Ayrıca X_λ uzaylarının tabanları $\mathcal{B}_\lambda$ aileleri ise (X, τ) topolojik uzayı için $\mathcal{B} = \{B: \exists \lambda \in \Lambda, B \in \mathcal{B}_\lambda\}$ ailesi de bir taban olur.

1.5 Sürekli Dönüşümler

$\{(X_\lambda, \tau_\lambda)\}_{\lambda \in \Lambda}$ ailesinin topolojik toplamı (X, τ) için, gömme dönüşümü olan $f_\lambda: X_\lambda \rightarrow X \times \{\lambda\}$, $x \mapsto (x, \lambda)$ şeklinde tanımlı dönüşüm süreklidir. Bunu görmek kolaydır gerçekten; $T \subseteq X$ olmak üzere f_λ 'nin tanımından $f_\lambda^{-1}(T) = X_\lambda \cap T$ olur. Böylece, $x \in f_\lambda^{-1}(T)$ ise $f_\lambda(x) \in T$ olur ve buradan $(x, \lambda) \in T$ elde edilir. Ayrıca $g: X_\lambda \rightarrow X_\lambda \times \{\lambda\}$, $x \mapsto (x, \lambda)$ ile tanımlı dönüşüm bir izomorfizma olduğundan $x \in X_\lambda$ olmak üzere $\exists \lambda \in \Lambda$ için $x = (x, \lambda) \in X_\lambda \times \{\lambda\}$ olarak düşünülebilir. Böylece $X_\lambda \cong X_\lambda \times \{\lambda\}$ olur. Buradan $(x, \lambda) \in X_\lambda$ elde edilir. Yani $(x, \lambda) \in X_\lambda \cap T$ bulunur. Diğer taraftan

$$u \in X_\lambda \cap T \Rightarrow u \in X_\lambda \text{ ve } u \in T \Rightarrow (u, \lambda) \in X_\lambda \text{ ve } f_\lambda(u) = (u, \lambda) \in T \Rightarrow u \in f_\lambda^{-1}(T)$$

olur.

$T \in \tau$ olduğundan $X_\lambda \cap T \in \tau_\lambda$ ve dolayısıyla $f_\lambda^{-1}(T)$ açıktır. Ayrıca f_λ dönüşümlerini sürekli yapan en küçük topoloji τ olur.

Teorem: Verilen (Y, τ') topolojik uzayı için $\varphi: \bigoplus X_\lambda \rightarrow Y$ fonksiyonu süreklidir ancak ve ancak her $\lambda \in \Lambda$ için $\varphi \circ f_\lambda: X_\lambda \rightarrow Y$ dönüşümü süreklidir.

1.6 Ayırık Bileşim Topolojisi İçin Ayırma Aksiyomları

Teorem: T_0 uzayların boş olmayan ayrık $\{(X_\lambda, \tau_\lambda)\}_{\lambda \in \Lambda}$ ailesi için topolojik toplam uzayı (X, τ) da T_0 uzay olur.

Teorem: T_1 uzayların boş olmayan ayrık $\{(X_\lambda, \tau_\lambda)\}_{\lambda \in \Lambda}$ ailesi için topolojik toplam uzayı (X, τ) da T_1 uzay olur.

Teorem: T_2 (Hausdorff) uzayların boş olmayan ayrık $\{(X_\lambda, \tau_\lambda)\}_{\lambda \in \Lambda}$ ailesi için topolojik toplam uzayı (X, τ) da T_2 uzay olur.

Teorem: Birinci sayılabilir uzayların boş olmayan ayrık $\{(X_\lambda, \tau_\lambda)\}_{\lambda \in \Lambda}$ ailesi için topolojik toplam uzayı (X, τ) da birinci sayılabilir uzay olur.

Teorem: İkinci sayılabilir uzayların boş olmayan ayrık $\{(X_\lambda, \tau_\lambda)\}_{\lambda \in \Lambda}$ ailesi için topolojik toplam uzayı (X, τ) da ikinci sayılabilir uzay olur.

Teorem: Boş olmayan ayrık $\{(X_\lambda, \tau_\lambda)\}_{\lambda \in \Lambda}$ ailesi için topolojik toplam uzayı (X, τ) bağlantılı değildir.

1.7 Ayrık Bileşim Topolojisi İçin Yakınsaklık

Tanım: $\{(X_\lambda, \tau_\lambda)\}_{\lambda \in \Lambda}$ ailesinin topolojik toplamı (X, τ) , $(x_n)_{n \in \mathbb{N}}$, X 'de bir dizi ve $k \in X$ olsun. Eğer bir tek $\lambda \in \Lambda$ ve $\forall G^{(i)} \in \tau_\lambda(k \in G^{(i)})$ için $n \geq N_i$ olduğunda $x_n \in G^{(i)}$ olacak şekilde bir $N_i \in \mathbb{N}$ sayısı varsa verilen dizinin limiti k veya dizi k noktasına yakınsıyor denir ve bu tanım sembolik olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

Sonuç: X_λ uzayında yakınsak olan diziler X toplam uzayında da yakınsak olur. Ancak X toplam uzayında yakınsak olan dizilerin herhangi bir X_λ uzayında yakınsak olması gerekmez.

Örnek: $X_1 = \{1,2,3\}$, $X_2 = \{a, b\}$ ve $X_3 = \{x, y, z\}$ olmak üzere (X_1, τ_1) , (X_2, τ_2) ve (X_3, τ_3) ayrık topolojik uzaylar olsunlar. $X = \bigoplus X_\lambda$, $\Lambda = \{1,2,3\}$ olmak üzere (X, τ) topolojik toplam uzayı da ayrık topolojik uzay olur. X 'in bir $(a_n) = \{1, b, y, x, x, x, \dots\}$ dizisini düşünelim. Bu dizi $x \in X$ noktasına yakınsar ancak (a_n) dizisi $\lambda = 1,2,3$ olmak üzere X_λ 'da bir dizi değildir ve yakınsaklığından da bahsedilemez.

Sonuç: $X = \bigoplus X_\lambda$ topolojik toplam uzayında bir (a_n) dizisi için $i, j \in \Lambda$ olmak üzere $x \in X_i$ ve $x' \in X_j$, (a_n) dizisi için birer limit noktası ise $i = j$ olur.

2. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Çalışmada, topolojik uzaylar için bilinen topolojik kavramlar topolojik toplam uzayına genelleştirildi ve elde edilen birçok sonuç ve teorem ispatsız olarak verildi. İlgili ispatlara ve çalışma ile ilgili daha geniş bilgi için A. Atay tarafından yazılan Yüksek Lisans Tezi [4] incelenebilir. Ayrıca fuzzy topolojik uzayların toplamları için F. Alşibli tarafından yazılan Yüksek Lisans Tezi [5], soft topolojik uzayların toplamları için T. Al-shami ve ark tarafından yazılan makale [6] ve fuzzy soft topolojik uzayların toplamları için A. Atay tarafından yazılan makale [7] çalışmaları incelenebilir.

Bu çalışmanın devamı olarak ayırma aksiyomları, yakınsaklık ve süreklilik daha kapsamlı olarak araştırılabilir. Topolojik uzaylarla ilgili olarak ortaya atılmış daha birçok bilgi topolojik toplam uzaylara genişletilerek yorumlanabilir.

Teşekkür: Bu çalışmada emeği geçen danışman hocam emekli öğretim üyesi Prof. Dr. H. İlhan TUTALAR’a değerli katkılarından dolayı çok teşekkür ederim.

KAYNAKÇA

- [1] Lipschutz, S., *Schaum's Outline of Theory and Problems of General Topology*, McGRAW-HILL Book Company, United States of America, 1965.
- [2] Mc Carty, G., *Topology An Introduction With Application to Topological Groups*, McGRAW-HILL Book Company, United States of America, 1967.
- [3] Gürkanlı, A.T., *Genel Topoloji*, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları, Samsun, 1993.
- [4] Atay, A., *Topolojik Toplamlar ve Bazı Sonuçlar*, Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, 2010.
- [5] Alşibli, F., *Bulanık Topolojik Uzayların Toplamları*, Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, 2023.
- [6] Al-shami, T.M., Kocinac, L.D.R.; Asaad, B.A. Sum of Soft Topological Spaces, *Mathematics*, June, 8, 6, 2020.
- [7] Atay, A., Disjoint Union Of Fuzzy Soft Topological Spaces, *AIMS Mathematics*, March, 8,5, 2023.

NUMERICAL MODELING APPROACH OF A TROMBE WALL USING FEM

Asst. Prof., Ercan Serif KAYA

Alanya Alaaddin Keykubat University, - 0000-0002-1098-6534

ABSTRACT

A Trombe wall is a passive solar building design technique that uses a combination of thermal mass and glazing to collect, store, and distribute solar energy to heat a building. The sun's energy enters through the glass, and the mass wall absorbs and stores the heat. The stored heat then radiates into the building over time, helping to heat the interior space. Computational fluid dynamics (CFD) has been widely preferred in recent studies for investigating solar wall configurations and energy efficiency due to its user-friendly tools, including semi-transparent and opaque boundaries, solar ray tracing algorithms, and solar load modules. On the other hand, finite element method (FEM) software uses solid and shell elements as opaque walls that can transmit energy into the domain. In this study, a numerical modeling approach has been proposed using FEM to simulate the transfer of energy between glazing, Trombe wall and interior space. By taking into account the additional solar load calculated for sun-exposed surfaces, the simulation results have been in a good agreement with real-time measurements, as per the findings of the study.

Keywords: Numerical modeling, Finite element method, Computational fluid dynamics, Trombe wall

1. INTRODUCTION

The rise in energy consumption originating from the construction industry has resulted in not just environmental concerns on a global level but also mounting energy expenses and demands. As a result, the significance of sustainable and energy-efficient passive solar systems has grown substantially, as they offer a means to mitigate carbon emissions and lower energy expenditures. Trombe walls are often used in passive solar design to help reduce heating and cooling costs in buildings. This design method can be incorporated into both new construction and retrofit projects and can be customized to fit a variety of architectural styles [1-3]. A typical Trombe wall consists of a dark-colored, thermal wall that is placed behind a layer of glass or other transparent material [4]. The air space between the wall and the glazing acts as a natural convection channel, allowing hot air to rise and circulate through vents at the top of the wall (Figure 1). The thermal wall absorbs and stores the heat throughout the day and releasing it slowly into the interior space at night.

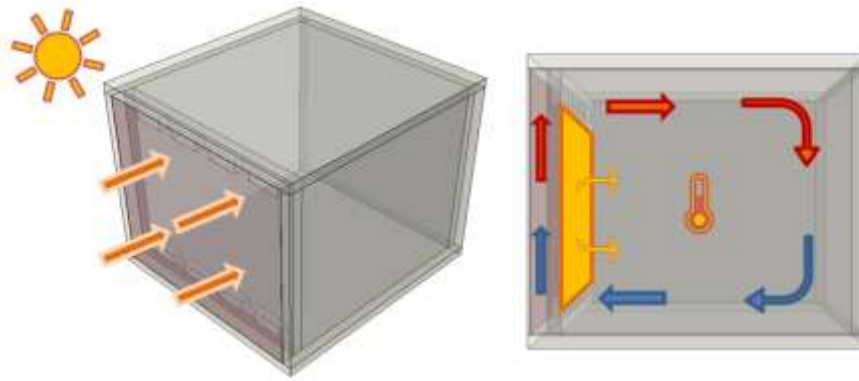


Figure 1. Working principle of Trombe Wall

Numerous studies have been conducted in the literature to analyze the components of solar wall systems and their impact on thermal performance [5-6]. Researchers frequently use CFD software to address temperature distribution, air flow/circulation, and ventilation issues. The primary reason for using CFD programs is that they offer solar ray tracing and irradiation load modules that enable users to apply solar data for any specified geographical location on a given date over the course of a day [7-8]. Conversely, the finite element method tool is utilized to simulate the heat transfer process, particularly in analyzing the heat exchange through the whole system [9]. This study proposes a numerical modeling approach utilizing FEM to simulate energy transfer between glazing, Trombe walls, and interior spaces.

Unlike CFD software, solar radiation calculations were conducted to apply to the glazing surface and sun exposed Trombe Wall. Additional solar heat flux load was calculated by considering the transmissivity. Finally, the results were compared to a real-time measurement of a previous experimental study.

2. TROMBE WALL TEST SETUP

A solar house test setup including Trombe Wall (Figure 2) was used to obtain real time measurement for a given period (5 to 12th of April) of a Trombe Wall [10-11].

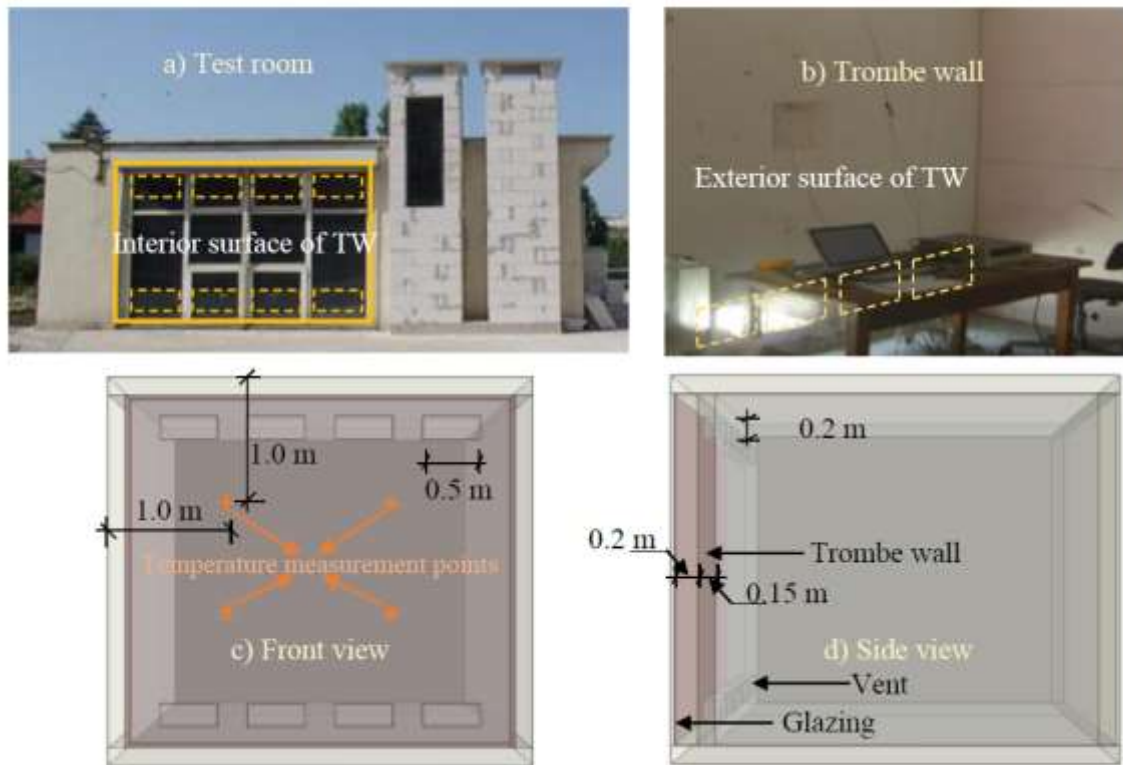


Figure 2. Trombe wall test setup configuration

The solar house dimensions are 3.0 m in length and width, and also 3.3 m in height, with a thermal wall thickness of 15 cm. The wall contains eight vents positioned in two rows (Figure 2). According to the measurement (Figure 3), maximum surface temperatures were obtained 44.4 °C for the glazing whereas exterior and interior surfaces of Trombe wall were 44.1 °C and 27.6 °C, respectively [10-11].

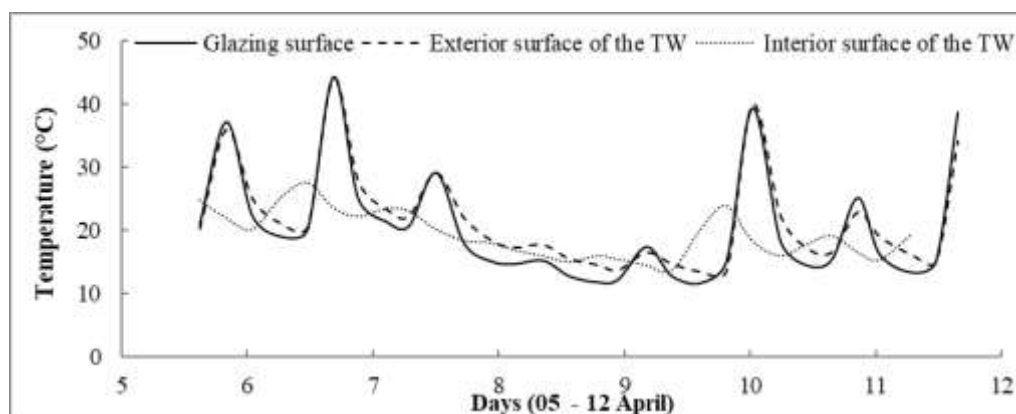


Figure 3. Real time measurement on test setup

3. NUMERICAL ANALYSIS

To study the thermal behavior, a 3D FEM model was created in a similar way to the test setup as seen in Figure 2. Then, The PV Geographical Information System [12] was utilized to obtain

the average daily temperature values for the given coordinates of the test site. Finally, the expected solar radiation that will be exposed to the glazing surface as a heat flux load is estimated using Liu and Jordan's estimation model [11, 13]. The amount of solar irradiation data for the period between 08:00 and 17:00 were plotted against to average hourly temperature as can be seen in Figure. 4.

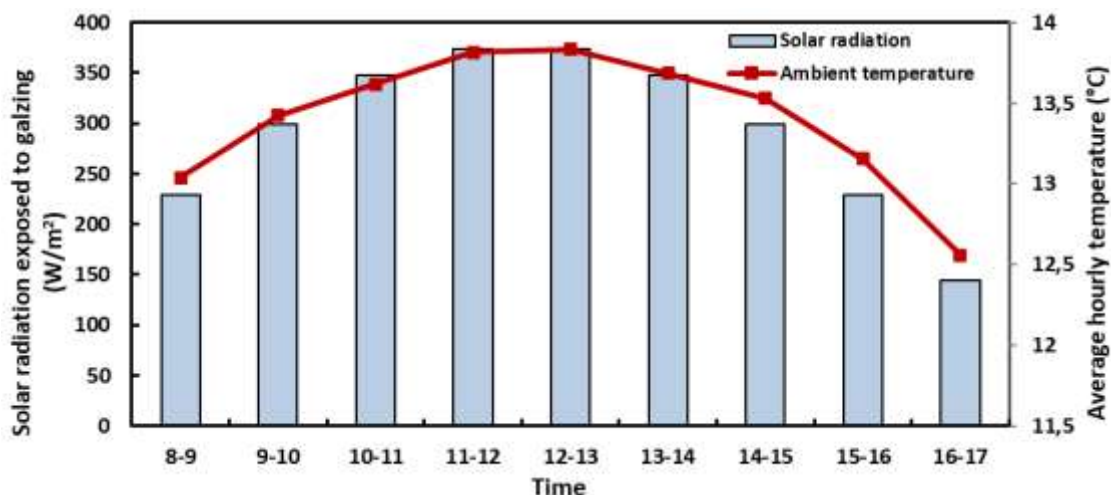


Figure 4. Estimated solar irradiation and ambient temperate values for numerical simulation studies

4. RESULTS

Based on the numerical simulation results, the outside temperature of the glazing surface was found to be 44.75°C, while the test room measurement under peak solar radiation and ambient temperature was 44.4°C (Figure 5).

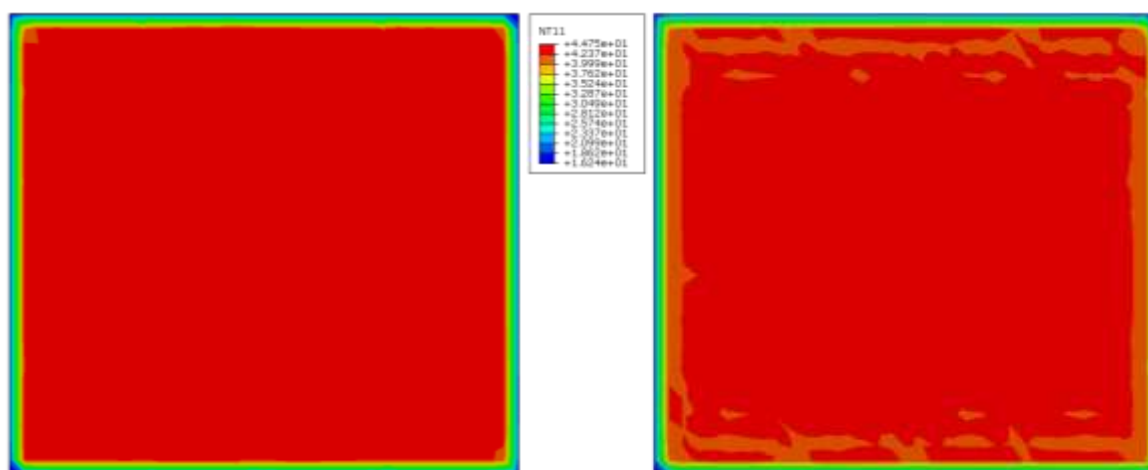


Figure 5. Glazing surface temperature on each side; Outside (left) and inside (right)

The interior and exterior surface temperature values of the Trombe Wall were determined to be 42.15°C and 28.97°C, respectively. (Figure 6). Besides, the real-time measurements for the

same surfaces resulted in 44.1°C and 27.6°C for the interior and exterior surfaces of the wall, respectively.

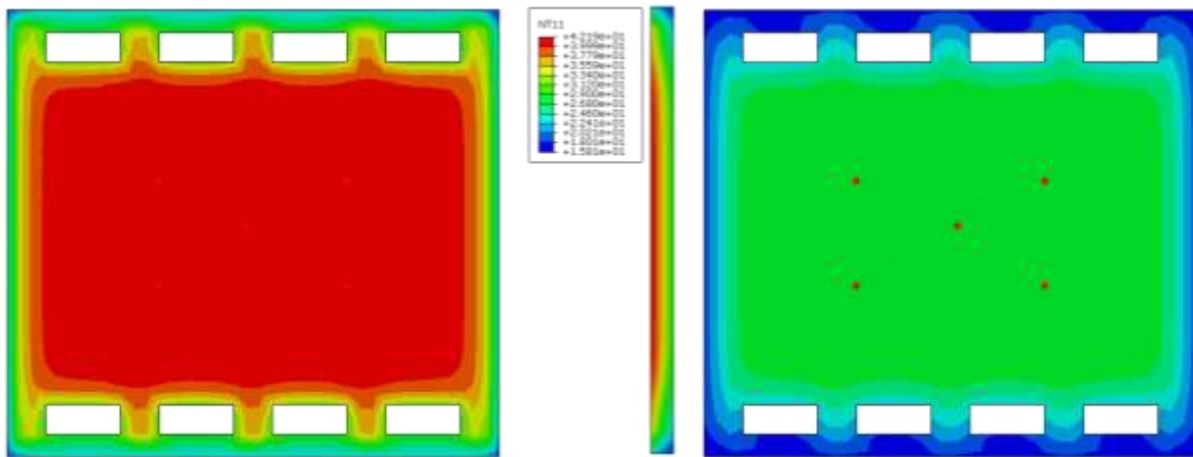


Figure 6. The Trombe wall temperatures resulting from numerical simulation are presented for both the sun-exposed side (left) and the inside wall (right) of the Trombe wall (Figure 6).

5. CONCLUSION

Computational fluid dynamics programs are powerful and convenient tools utilized in the design of Trombe wall and other solar energy-based systems. The solar load module and boundary conditions provided with these programs are user-friendly and convenient for researchers to utilize. The present study employs the finite element method to develop a three-dimensional Trombe wall model. The use of shell and solid elements exclusively ensures accurate and realistic results. To achieve this goal, a straightforward approach was introduced, which involved defining estimated solar heat flux loads on the glazing surface and additional heat flux on surfaces exposed to solar radiation. Furthermore, the FEM model's ability to produce results consistent with real-time experimental measurements establishes it as a viable alternative to CFD in addressing challenges related to solar radiation and transmittivity.

6. REFERENCES

- [1] Yilmaz, Z., Kundakci, A., B. An Approach for energy conscious renovation of residential buildings in Istanbul by Trombe Wall system, *Building and Environment*, (43), 508-517, 2018.
- [2] Demirbilek, F., N., Yalciner, U.G., Ecevit, A., Sahmali, E., and Inanici, M. Analysis of the thermal performance of a building design located at 2465 m: Antalya- Saklikent National Observatory guesthouse, *Building and Environment*, (38), 177-184, 2003.
- [3] Simões, N., Manaia, M., and Simões, I. Energy performance of solar and Trombe walls in Mediterranean climates. *Energy*, 234, 121197, 2021.
- [4] Ozbalta, T., G., and Kartal, S. Heat gain through Trombe wall using solar energy in a cold region of Turkey, *Scientific Research and Essays*, (5), 2768-2778, 2010.
- [5] Stazi, F., Mastrucci, A., and Perna, C.D. The behavior of solar walls in residential buildings with different insulation levels: An experimental and numerical study, *Energy and Buildings*, (47), 217-229, 2012.
- [6] Jaber, S., and Ajib, S. Optimum design of Trombe wall system in Mediterranean region, *Solar Energy*, (85), 1891-1898, 2011.
- [7] Bajc, T., Todorovic, M.N., and Svorcan, J. CFD analyses for passive house with Trombe wall and impact to energy demand, *Energy and Buildings*, (98), 39-44, 2015.
- [8] Blotny, J., and Nems, M. Analysis of the impact of the construction of a Trombe wall on the thermal comfort in a building located in Wroclaw, Poland, *Atmosphere*, (10), 761-773., 2019.
- [9] Zhou, A., Wong, K.W., and Lau, D. Thermal Insulating Concrete Wall Panel Design for Sustainable Built Environment, *The Scientific World Journal*, 279592, 2014.
- [10] Ogus, G. Optimization of Trombe Wall Performance Using Computational Fluid Dynamics and Building Energy Simulation, MSc Dissertation, Istanbul Technical University, 2013.
- [11] Kaya, E.S., Aksel, M., Yigitli, S., and Acikara, T.A. A numerical study on the effect of vent/Wall area ratio on Trombe Wall thermal performance, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Engineering Sustainability*, 1-14, 2021.
- [12] https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#MR)Erişim Tarihi: 09.01.2021) Konu: PGIS, Photovoltaic Geographical Information system, Average Solar Radiation Tool.
- [13] Liu, B., and Jordan, R. Daily insolation on surfaces tilted towards the equator, *ASHRAE Journal* (10), 53-59, 1961.

БОЛЕЗНИ И ВРЕДИТЕЛИ ВИНОГРАДА В УСЛОВИЯХ АЗЕРБАЙДЖАНА

Азербайджан, Баку, АБДУЛЛАЕВА ШАХЛА

Азербайджанский Государственный Педагогический Университет, Биология,
Orchid id: 0000-0003-4869-1835

РЕЗЮМЕ

Милдью, оидиум, серая гниль являются широко распространенными и хозяйственно вредными болезнями на виноградниках, возделываемых в различных почвенно-климатических условиях в ряде экономических районов Азербайджанской Республики. В статье представлены болезни как пятнистость виноградных гроздей, которые влияют на продуктивность, агротехническое, биологическое и результаты, полученные в результате исследований по применению химических методов борьбы. По результатам проведенных научных исследований разработаны эффективные меры борьбы. Представлен регламент боевых мероприятий и средств. В результате производители несут огромные финансовые потери. Маршрутные наблюдения, проводимые по регионам, показывают, что в этой области необходимо принять очень важные неотложные меры. Еще одной немаловажной проблемой является несогласованность мероприятий по борьбе с различными болезнями и вредителями, ежегодно наблюдающимися на наших действующих виноградниках, и отсутствие комплексной борьбы. Применение средств защиты растений должно осуществляться в соответствии с фитосанитарными нормами с заключением и участием специалистов. Наши визуальные наблюдения и проведенные научные исследования на виноградниках, возделываемых в Абшеронском, Гянджа-Газахском районах и средней предгорной зонах нашей республики, еще раз показали, что развитие различных болезней и видов вредителей вызывает резкое снижение урожайности.

Ключевые слова: винограды, грибковые заболевания, возбудители болезней.

DISEASES AND PESTS OF GRAPES IN THE CONDITIONS OF AZERBAIJAN

ABSTRACT

Mildew, oidium, gray rot are widespread and economically harmful diseases in vineyards cultivated in various soil and climatic conditions in a number of economic regions of the Republic of Azerbaijan. The article presents diseases like grape blotch that affect productivity, agrotechnical, biological and results obtained from research on the use of chemical control methods. Based on the results of scientific research, effective control measures have been developed. The regulations of combat measures and means are presented. As a result, manufacturers suffer huge financial losses. Route observations carried out in the regions show that very important urgent measures must be taken in this area. Another important problem is the inconsistency of measures to combat various diseases and pests that are observed annually in our existing vineyards, and the lack of integrated control. The use of plant protection products should be carried out in accordance with phytosanitary standards with the conclusion and participation of specialists. Our visual observations and scientific research on vineyards cultivated in the Absheron, Ganja-Gazakh regions and the middle foothill zones of our republic showed once again that the development of various diseases and pests causes a sharp decrease in productivity.

Key words: grapes, fungal diseases, pathogens.

Giriş

Экономическое развитие, наблюдаемое в республике, не обошло стороной и область виноградарства. В результате этого из года в год увеличивается площадь виноградников в республике, создаются новые виноградарские хозяйства. Очень важно изучить эффективность научных основ подготовки и применения эффективных средств борьбы с основными болезнями и вредителями, распространенными на виноградниках. Наши исследования показали, что личиночные и технические сорта винограда, выращиваемые в различных почвенно-климатических условиях нашей республики, ежегодно поражаются различными болезнями и вредителями. В результате производители несут огромные финансовые потери. Маршрутные наблюдения, проводимые по регионам, показывают, что в этой области необходимо принять очень важные неотложные меры. Еще одной немаловажной проблемой является несогласованность мероприятий по борьбе с различными болезнями и вредителями, ежегодно наблюдающимися на наших действующих виноградниках, и отсутствие комплексной борьбы. Применение средств защиты растений должно осуществляться в соответствии с фитосанитарными нормами с заключением и участием специалистов.

Для нормального развития грибов, помимо питательных веществ, основными условиями являются благоприятные внешние условия среды (влажность, температура воздуха, реакция среды-РН, освещение и др.). В период развития большинства грибов минимальный температурный предел колеблется в пределах 15°C. Оптимальный диапазон большинства видов находится между 15-30°C. Исследования показали, что патоген томатов *Alternaria* Sp. Лучше развивается в соке ячменя с агаром при 25-30°C, образует максимальную массу мицелия и быстро созревает в период спороношения. У некоторых грибов предел оптимальной температуры может быть ниже или выше. Например, *Tilletia caries* Tul. максимальное развитие телиоспор наблюдается при температуре почвы 8-10°C. Предел относительной влажности при их развитии колеблется в пределах 20-100%. Этот показатель позволяет грибам распространяться и развиваться во всех средах на земле. Большинство видов грибов, патогенных на растениях, лучше растут на воздухе и при уровне 40-95% предельной влажности питательной среды. Грибы сапролегнии нормально растут даже в 100% воде. Грибы, относящиеся к порядкам *Erysiphe* и *Uncinula*, возбудители мучнистой росы, интенсивно развиваются при пониженной относительной влажности воздуха.

Поскольку большинство наших фермеров, специализирующихся на виноградарстве, не являются специалистами, у них возникают трудности с правильным определением времени проведения мероприятий по защите растений и выбором пестицида, играющего важную роль в проведении этих мероприятий. В результате снижается техническая и биологическая эффективность мероприятий по защите растений, осуществляемых без консультации и участия ученого-специалиста, потери урожая и материальный ущерб становятся неизбежными.

Наши визуальные наблюдения и проведенные научные исследования на виноградниках, возделываемых в Абшеронском, Гянджа-Газахском районах и средней

предгорной зонах нашей республики, еще раз показали, что развитие различных болезней и видов вредителей вызывает резкое снижение урожайности. По результатам проведенных исследований основными болезнями, распространенными на виноградниках на территории республики, являются следующие:

К основным распространенным заболеваниям относятся:

1. Милдью - *Peronospora viticola* Berl; (рисунок 1)
2. Оидиум - *Uncinula necator* (Sew) Burr; (рисунок 2)
3. Антракноз - *Gloeosporium ampelophagum*;
4. Серая гниль – *Botrytis cinerea* Pers;
5. Корневые гнили - неполные (*Fusarium*, *Cylindrocarpum*) и высшие грибы (*Armillaria mellea* (Gull) Vahl, *Rosellinia necatrix* (Hartig) Berl);
6. Бактериальный рак - *Agrobacterium tumefaciens* Smith; (рисунок 3)
7. Покраснение листьев — *Pseudopeziza tracheiphyla* Müll;
8. Хлороз вирусного происхождения.

рисунок 1



рисунок 2



рисунок 3



В зависимости от почвенно-климатических условий распространение и развитие основных болезней и вредителей, регистрируемых на молодых и продуктивных виноградниках, возделываемых в разных регионах, различны. Так, у большинства сортов винограда, возделываемых в Апшеронском районе, на больших площадях наблюдалось распространение оидиума, а в дождливые годы - милдью и серой гнили.

На виноградниках, посаженных в низинных и среднегорных районах Гянджинского района, наблюдались милдью, антракноз, красная листва и корневая гниль, а также резкое падение урожайности. Результаты наших визуальных наблюдений и лабораторных анализов проб, взятых из регионов, показали, что источником распространения болезни корневых гнилей, регистрируемой на молодых виноградниках во многих регионах, является саженцы. По этой причине фермеры в других регионах столкнулись с проблемами и понесли финансовые потери на своих молодых и продуктивных виноградниках.

В последние годы мы наблюдаем распространение различных видов цинги на виноградниках Абшеронского района, Гянджинского, Газахского районов. На Апшероне, в основном на столовых сортах винограда, мучнистая роса винограда, наблюдаемая на гроздьях в период созревания, и тип мучнистой росы,

зарегистрированный на молодых и многолетних лозах в наиболее продуктивных виноградниках Гянджи, снижали продуктивность и даже вызывали усыхание многолетних лоз.

Материалы и методы

Для получения чистых культур грибов (факультативных сапротрофов и факультативных паразитов), поддержания их жизнеспособности в целях дальнейшего изучения применяют различные питательные среды. По консистенции различают жидкие и плотные питательные среды. Выбор того или иного типа питательного субстрата зависит от потребностей грибного организма и целей проводимого эксперимента. Плотные среды готовят, добавляя к растворам солей и отварам агар (2-2,5%) или желатин (10-15 %), а, в случае необходимости, увлажняют поверхность твердых предметов (опилки и т.д.) растворами питательных веществ. Плотные среды используют для выделения грибов из естественных субстратов, получения культур из отдельных спор (моноклониальные изоляты), определения репродуктивной способности и особенностей спорообразования, дифференциации грибов по характеру роста на плотных средах, изучения влияния факторов среды и различных веществ на рост грибов. Сыпучие среды (зерно, отруби) используют для приготовления больших количеств спорового посевного материала.

После выделения культур и своевременной их очистки от посторонних организмов следует поддерживать чистые культуры в жизнеспособном состоянии. Простейший способ поддержания – пересев их через определенное время в пробирки на косяки свежей агаризованной среды. Периодичность пересевов зависит от вида гриба и определяется временем его выживаемости. При пересевах переносят, главным образом, споры, а у неспорообразующих форм – мицелий из краевой зоны колонии. Следует учитывать, что длительное выращивание грибов на искусственных средах может привести к изменению свойств культуры, в частности, к потере патогенности, снижению агрессивности и вирулентности. Для хранения выбирают лучшие из имеющихся культур. Культуры сохраняют при комнатной температуре или в холодильнике при температуре 4 °С. Пересевы (если культура хранится в холодильнике) делают реже.

Выводы

Учитывая вышеизложенное, для обеспечения развития виноградарства и повышения урожайности в нашей республике очень важно с социально-экономической точки зрения осуществлять эффективные, экономически эффективные, экологически безопасные меры защиты растений от основных болезней распространяются на виноградниках. В результате проведенных нами научных исследований рекомендуется применять следующие комплексные схемы борьбы с основными болезнями и вредителями, зарегистрированными на виноградных полях.

Разработана новая, усовершенствованная схема борьбы с основными болезнями винограда и изучена эффективность ее применения. Тот факт, что производство винограда в Азербайджане является одной из перспективных отраслей сельского хозяйства, требует, чтобы он производился на высоком уровне стандартов. Применение

фитосанитарных норм в виноградарстве – главный залог качественного продукта. Производство экологически безопасной продукции – одна из задач. Поэтому применяемые средства защиты растений от болезней и вредителей должны быть правильно подобраны, применяться в оптимальные сроки и не создавать экологической опасности. Остаточное количество токсико-химических веществ в продукте не должно превышать общепринятой нормы.

ЛИТЕАТУРА

- Автухович И.Е., Ягодин Б.А. Деревья как индикаторы экологического неблагополучия в условиях крупного мегаполиса. // Изв. ТСХА, 2000, №1, с. 80-83
- Ануфриев В.П. Природа и человек: возможно ли равновесие? // Урал, 2004, №8, с.88-90.
- Арефьев С.П. Системный анализ биоты дереворазрушающих грибов. Новосибирск: Наука, 2010, 260 с.
- Бахшалиева К.Ф. Анализ аннотированного списка токсигенных микромицетов, распространенных на различных ценозах Азербайджана.//Международный научный журнал “Sciencerise”(Украина), 2016, v12, № 1, с. 6-10.
- Беломесяцева Д.Б. Микобиота в консорции можжевельника в Беларуси. Минск: ИООО «Право и экономика», 2004, 236с.

MÜLTECİ ÇOCUKLARDA TRAVMA SONRASI STRES BOZUKLUĞU BELİRTİLERİ İLE ÖNLEYİCİ HEMŞİRELİK GİRİŞİMLERİNİN ETKİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Abdullah SARMAN

Bingöl Üniversitesi, - ORCID ID: 0000-0002-5081-4593

ÖZET

Savaşlar, silahlı çatışmalar ve soykırımın en önemli toplumsal sonuçlarından biri de mültecilerin ortaya çıkmasıdır. Mülteci kavramı yüzyıllardan beri var olan sosyolojik ve toplumsal anlamlar taşıyan bir kavramdır. Bu bağlamda kendi ülkelerindeki çatışmalardan kaçmak için ulusal bir sınırı geçerek güvenlik arayışına girenler mülteci olarak tanımlanmaktadır. Bazı insanlar kendi ülkelerinin sınırları içinde de zorunlu göçe maruz bırakılabilirler; fakat bu durumdaki kişiler başka ülkelere göç etmek zorunda kalan kişilerden farklı durumda değerlendirilmektedir. Mülteci konusu son yıllarda farklı açılardan ele alınan önemli bir toplumsal ve insani sorundur. Bazı mülteciler, genellikle yasal ya da yasadışı yollardan ülkeye giriş yapmaktadır ve kendi ülkelerine dönmeye zorlandıkları takdirde olası zulümden, hatta ölümden korunmak için kendileri açısından en güvenli gördükleri ülkelere sığınma talebinde bulunmaktadır. Bu grupta yer alanlar bireyler sığınmacı olarak nitelendirilmektedir. Mültecilerin bir ülkeye yasal olarak kabul edilmeleri durumunda o ülke vatandaşlarına sunulan birtakım haklardan yararlanabilmeleri mümkündür. Bir mültecinin hayatı genellikle yıkıcı hayat deneyimleri, stres ve travmalardan oluşmaktadır. Çoğu zaman cinayetlere, bazen ailelerinin ve akrabalarının öldürülmesine tanık olmuş, aşırı zulme, çoğu zaman işkenceye maruz kalmış bireyler genellikle mülteci kamplarında ağır şartlarda hayatlarını sürdürmeye çalışmaktadır. Mülteci kamplarında kontrolün çoğu zaman sağlanamaması ve mülteci kamplarının kötü yönetilmesi nedeniyle çocuklar bazen tecavüze, bazen de akranları veya kendisinden yaşça büyüklerin şiddetine maruz kalmaktadır. Kamplarda devam eden yaşamlarının süre olarak belirsizliği ve sığınmacı başvurusunda bulunanların değerlendirme işlemlerinin uzaması nedeniyle maruz kaldıkları olumsuzlukların yansımaları ilerleyen dönemlere de sarkmakta, mülteci çocuklarda yetişkinlikte de devam eden birçok sorunun yaşanacağı belirtilmektedir. Mülteci çocukların temel sağlık gereksinimleri fiziksel, psikolojik ve sosyal olarak çeşitlilik gösterir. Fiziksel sağlık ihtiyaçları, enfeksiyonlar, yaralanmalar ve beslenme bozuklukları gibi durumları içermektedir. Psikolojik sağlık ihtiyaçları, travma sonrası stres bozukluğu, depresyon ve kaygı gibi durumları içermektedir. Sosyal sağlık ihtiyaçları, dil eğitimi, sosyal destek ve barınma gibi konuları içermektedir. Hemşirelik girişimleri, mülteci çocukların sağlık ihtiyaçlarını karşılamak için oldukça önemli bir yere sahiptir. Bunlar arasında fiziksel gereksinimleri karşılamak için sunulan sağlık hizmetleri, psikolojik destek hizmetleri ve sosyal hizmetler gibi uygulamalar yer almaktadır. Hemşirelik girişimlerinin başarılı olması ve mülteci çocukların sağlık ihtiyaçlarının karşılanması için tüm hizmetler birlikte sunulmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Çocuklar, Hemşirelik, Mülteci

THE EFFECT OF PREVENTIVE NURSING INTERVENTIONS ON POST-TRAUMATIC STRESS DISORDER SYMPTOMS IN REFUGEE CHILDREN

ABSTRACT

One of the most important social consequences of wars, armed conflicts, and genocide is the emergence of refugees. The concept of refugees has carried sociological and social meanings for centuries. Those who cross a national border to seek security by fleeing conflicts in their own countries are defined as refugees. Some people may be subjected to forced migration within their own country, but they are evaluated differently from those who are forced to migrate to other countries. The issue of refugees is an important social and humanitarian problem that has been approached from different angles in recent years. Some refugees usually enter a country through legal or illegal means and seek asylum in the countries they consider safest to protect themselves from possible persecution or even death if they are forced to return to their own countries. Individuals in this group are referred to as asylum seekers. If a refugee is legally accepted by a country, they may be able to benefit from certain rights offered to citizens of that country. A refugee's life usually consists of destructive life experiences, stress, and trauma. Individuals who have often witnessed murders, sometimes the killings of their families and relatives, extreme oppression, and often torture, are usually trying to survive under severe conditions in refugee camps. Due to the inability to maintain control in refugee camps and poor management of these camps, children sometimes become victims of rape, violence from their peers, or older individuals. The reflections of the negativity they are exposed to due to the uncertainty of their lives in the camps and the prolonged evaluation process of asylum seekers can extend into the future, and it is stated that many problems will be experienced in adulthood for refugee children. The basic health needs of refugee children vary physically, psychologically, and socially. Their physical health needs include situations such as infections, injuries, and malnutrition. Their psychological health needs include situations such as post-traumatic stress disorder, depression, and anxiety. Their social health needs include issues such as language education, social support, and housing. Nursing initiatives have a very important place in meeting the health needs of refugee children. Among these, there are practices such as health services provided to meet physical needs, psychological support services, and social services. For the success of nursing interventions and the fulfillment of refugee children's health needs, all services must be provided together.

Keywords: Children, Nursing, Refugee

1. GİRİŞ

Savaşlar, silahlı çatışmalar ve soykırımın en önemli toplumsal sonuçlarından biri de mültecilerin ortaya çıkmasıdır. Mülteci kavramı yüzyıllardan beri var olan sosyolojik ve toplumsal anlamlar taşıyan bir kavramdır. Bu bağlamda kendi ülkelerindeki çatışmalardan kaçmak için ulusal bir sınırı geçerek güvenlik arayışına girenler mülteci olarak tanımlanmaktadır. Bazı insanlar kendi ülkelerinin sınırları içinde de zorunlu göçe maruz bırakılabilirler; fakat bu durumdaki kişiler başka ülkelere göç etmek zorunda kalan kişilerden farklı durumda değerlendirilmektedir.

Mülteci konusu son yıllarda farklı açılardan ele alınan önemli bir toplumsal ve insani sorundur. Bazı mülteciler, genellikle yasal ya da yasadışı yollardan ülkeye giriş yapmaktadır ve kendi ülkelerine dönmeye zorlandıkları takdirde olası zulümden, hatta ölümden korunmak için kendileri açısından en güvenli gördükleri ülkelere sığınma talebinde bulunmaktadır. Bu grupta yer alanlar bireyler sığınmacı olarak nitelendirilmektedir. Mültecilerin bir ülkeye yasal olarak kabul edilmeleri durumunda o ülke vatandaşlarına sunulan birtakım haklardan yararlanabilmeleri mümkündür. Sığınmacı kategorisinde yer alan bireylerin ise iltica başvuruları kabul edilene kadar ülke vatandaşlarına sağlanan hak ve ayrıcalıklardan yararlanması mümkün değildir. İltica başvurularının değerlendirme süresi ülkelere göre değişmekle birlikte, genellikle birkaç yıl sürebilmektedir.

Birleşmiş Milletler Mülteciler Yüksek Komisyonu'nun 2013 yılında hazırladığı rapora göre dünya genelinde 10,7 milyon mülteci olduğu belirlenmiştir. Hazırlanan raporda mülteci sayısı ve ülkelere yasal olarak kabul edilen göçmenler arasında çok büyük bir fark olduğu, bu farkın mültecilerin büyük çoğunluğunun ikinci bir ülkedeki mülteci kamplarında üçüncü bir ülkeye kabul edilmeyi beklemesinden kaynaklandığı bildirilmiştir. Yayınlanan raporun en çarpıcı sonuçlarından biri de sadece 2013 yılında ülkelere başvuruda bulunan 1,2 milyon sığınmacı olduğunun belirtilmesidir. Göç ettiği ülkelerde hükümetler tarafından yasal olarak kalmalarına izin veren, kabul başvuruları onaylanan kişilerin yasal onay çıkana kadar durumlarının belirsizlik içinde olduğu ve sınır dışı edilme tehlikesiyle yaşamak zorunda kaldıkları bildirilmiştir (1).

Yıllar geçtikçe dünya genelindeki savaşlar ve kaotik ortamın beraberinde getirdiği olumsuzluklar artmaya başlamıştır. 2021 yılının sonunda barındıkları yerden veya memleketlerinden zorla uzaklaştırılanların sayısı yaklaşık 90 milyona ulaşmıştır. Bu sayının artmasına neden olan durum hiç şüphesiz savaşlardır. Ülkeler açısından değerlendirildiğinde mültecilerin çoğunluğunu Suriye ve Afganistan uyruklu bireylerin oluşturduğu görülmektedir (2). Mültecilerle yürütülen çalışmalarda birçok sığınmacının genellikle silahlı çatışma bölgelerine yakın olan, düşük ve orta gelirli komşu ülkelere göç ettikleri belirtilmiştir (2). Suriye, Afganistan ve Irak olmak üzere Avrupa ve dünyanın birçok ülkesine sığınma başvurusunda bulunanların sayısı geçtiğimiz yıl da artış göstermiş ve önemli bir toplumsal sorun haline gelmiştir (3).

Dünya genelinde yerinden edilmiş nüfusun yarısı ve Avrupa'ya sığınma başvurusunda bulunanların yaklaşık üçte biri 18 yaşın altındaki çocuklar oluşturmaktadır (2). Birleşmiş Milletler Çocuklara Yardım Fonu (UNICEF), çatışma, şiddet ve diğer krizlerin sonrasında 36,5 milyon çocuğun evlerini terk etmek zorunda kaldığına dikkat çekmiş ve çocukları koruyan önlemlerin hayata geçirilmesinin gerekliliğini vurgulamıştır (4). Çocuklar yaşanan göç sürecinden çok fazla etkilenmektedir. Bu süreçte pek çok çocuk ebeveynleri yanında olmadan göç sürecine dahil olmak zorunda kalmaktadır. Yapılan bir araştırmanın sonuçları bu gerçeği gözler önüne sermiştir. Yalnızca 2021'de Fransa'ya gelen tüm çocukların %3'ünün, Norveç ve İsveç'te %40'ının, Bulgaristan'da %80'den fazlasının ebeveynlerinin refakati olmaksızın göç ettiği belirlenmiştir (3).

Zorunlu göçler, ruh sağlığı için küresel bir tehdit olarak görülmektedir ve mülteci kavramı yaşamlarının tüm alanlarını etkileyeceğinden fiziksel, duygusal, sosyal ve bilişsel gelişimleri

önemli ölçüde yavaşlamaktadır. Bu yaşananların sonunda, mülteci çocuklar savunmasız kalmakta ve yaşadığı sorunlar gün geçtikçe artmaktadır (5). Göç sürecinde yaşanan sorunların araştırıldığı bazı çalışmalarda mülteci çocukların evlerinden, arkadaşlarından ve ailelerinden koparıldığı, birçoğunun uzun ve tehlikeli yolculuklar yapmak zorunda bırakıldığı ve uzun süreler boyunca kamplarda yaşamak gerçeğiyle yüzleşmek durumunda kaldıkları belirlenmiştir. Benzer şekilde mülteci çocukların birçoğunun yaşadığı savaş ve felaket ortamlarında şiddet ve ölüm gibi kendileri için travmatik olan potansiyel risk ve tehlikelerle karşılaştığı, barınak, yiyecek ve sağlık hizmetlerine ulaşım gibi temel insani kaynaklardan yoksun kaldığı belirlenmiştir (6).

Fiziksel, duygusal, sosyal ve bilişsel gelişimlerinin önemli aşamalarında çatışma ortamlarında yaşanan şiddetin olumsuz tablolarını deneyimleyen çocuklar ruhsal sorunlara karşı savunmasız hale gelmektedir (7). Yapılan araştırma sonuçları bu durumu destekler nitelikte sonuçlar içermektedir. Örneğin, Avrupa ülkelerine yerleşmek zorunda kalan mültecilerde %53 oranında travma sonrası stres bozukluğu (TSSB) belirtileri, %33 oranında depresyon ve %32 oranında anksiyete bozukluğu görüldüğü bildirilmiştir (8). Yapılan başka bir çalışmada ise mülteci kamplarında yaşayan çocukların %87 oranında depresyon, anksiyete ve TSSB yaşadığı, birçoğunun yaşadığı ruhsal sorunlar nedeniyle destek ihtiyacının olduğu belirtilmiştir (9). Mülteci çocuk ve ergenlerde ruh sağlığı sorunlarının yaygınlığının yüksek olması yeni yaşam koşullarına uyum sağlayabilmelerini kolaylaştıran bazı müdahalelerin geliştirilmesinin önemini ortaya koymaktadır. Yerinden edilmiş çocuklarda yaşanabilecek ruhsal sorunlar ve sağlık risklerinin detaylı olarak araştırılması, ruhsal dayanıklılığa katkı sağlayacak faktörlerin belirlenmesi ve mülteci çocukların gelişimini desteklemek için çözüm önerileri geliştirilmesinin müdahalelerin başarıya ulaşmasının temelini oluşturacağı bildirilmiştir (10).

Bu makalede, mülteci çocuklarda travma sonrası stres bozukluğu belirtileri ile önleyici hemşirelik girişimleri ve psikoterapi müdahalelerinin sağlık sonuçları üzerindeki etkisine ilişkin literatür incelenerek, mülteci çocukların yaşadığı sorunlara çözüm önerileri geliştirilmesi ve sorunların giderilmesinde kullanılan tedavi yöntemlerinden biri olan psikoterapilerin sonuçlarının değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Benzer şekilde mülteci çocukların ruh sağlığını korumayı hedefleyen müdahalelerle ilgili mevcut kanıtların sonuçlarının incelenmesi sağlanarak güncel literatüre katkı sunulması hedeflenmektedir.

2. GÖÇ VE TRAVMA

Bir mültecinin hayatı genellikle yıkıcı hayat deneyimleri, stres ve travmalardan oluşmaktadır. Çoğu zaman cinayetlere, bazen ailelerinin ve akrabalarının öldürülmesine tanık olmuş, aşırı zulme, çoğu zaman işkenceye maruz kalmış bireyler genellikle mülteci kamplarında ağır şartlarda hayatlarını sürdürmeye çalışmaktadır. Mülteci kamplarında kontrolün çoğu zaman sağlanamaması ve mülteci kamplarının kötü yönetilmesi nedeniyle çocuklar bazen tecavüze, bazen de akranları veya kendisinden yaşça büyüklerin şiddetine maruz kalmaktadır. Kamplarda devam eden yaşamlarının süre olarak belirsizliği ve sığınmacı başvurusunda bulunanların değerlendirme işlemlerinin uzaması nedeniyle maruz kaldıkları olumsuzlukların yansımaları ilerleyen dönemlere de sarkmakta, mülteci çocuklarda yetişkinlikte de devam eden birçok sorunun yaşanacağı belirtilmektedir (11). Birleşmiş Milletler İşkence ve Diğer Zalimane,

İnsanlık Dışı veya Küçültücü Muamele ve Cezaya Karşı Sözleşmesinde işkencenin, bilgi, itiraf ya da ceza elde etmek amacıyla, bir kamu görevlisi tarafından ya da onun kışkırtmasıyla, kasıtlı olarak fiziksel ya da zihinsel ağır acı ya da ıstırap veren her türlü yöntem olarak tanımlandığı belirtilmiştir (12). Yapılan araştırmalarda işkencenin, mülteciler ve sığınmacılar tarafından genellikle birden fazla kez olmak üzere yaygın bir şekilde deneyimlenen ve %10-30 arasında değişen bir görülme oranı olduğu belirlenmiştir (13). Yetişkin popülasyonda yürütülen araştırmalar da benzer sonuçlar içermektedir. Örneğin Iraklı mültecilerin %56'sının Amerika Birleşik Devletleri'ne (ABD) gelmeden önce işkence gördüğü ve yaşanan işkencenin ruhsal sağlık sorunlarının oluşmasındaki en önemli neden olduğu bildirilmiştir (14). Mülteciler arasında cinsel şiddet olaylarının da son derece yaygın olduğu belirlenmiştir. Kadın mültecilerle yürütülen bir araştırmanın sonuçları cinsel şiddet yaygınlık oranının %21,4 olduğunu göstermektedir (15). Belirtilen rakamların buzdağının sadece görünen yüzünü oluşturan resmi rakamlar olduğu unutulmamalıdır. Mülteci çocuklar, yerinden edilmelerinden dolayı yaşadıkları travmaların yanı sıra, yurtlarından uzakta yaşamaya ve yeni bir çevreye adapte olmaya çalışmaları nedeniyle de travma sonrası stres belirtileri yaşamaktadır. Travma sonrası stres, bir kişinin yaşadığı travmatik olayların etkisi sonucunda ortaya çıkan psikolojik ve fizyolojik bozukluklardır. Mülteci çocuklar, çocukluk döneminde yaşadıkları travmatik olaylar nedeniyle de travma sonrası stres belirtileri gösterebilirler. Bu belirtiler arasında, anksiyete, depresyon, duygusal çöküntü, uyku bozuklukları, yeme bozuklukları, dikkat ve konsantrasyon problemleri, öfke nöbetleri, güvensizlik, içe kapanma gibi belirtiler yer almaktadır (16).

3. TRAVMANIN ORTAYA ÇIKMASINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

3.1. Şiddete Maruz Kalma

Olumsuz olayların deneyimlenmesi, mülteci çocuklarda artan psikolojik rahatsızlık olasılığı ile doğrudan ilişkilidir. Travma sonrası stres bozukluğunun derecesi, özellikle evden uzaktayken meydana gelen travmatik olayların oluşturacağı etkiyle ilişkili bulunmuştur (17). Yerinden edilmeden sonraki ilk aşamada yaşanan içselleştirme güçlüklerinin mülteci çocuklarda uyku bozuklukları ve anksiyete oranlarını arttırdığı belirlenmiştir (18). Travmatik maruziyetler sırasında algılanan tehdit derecesi, yaygın anksiyete bozukluğu ve travma sonrası stres bozukluğunun ortaya çıkmasını hızlandırmaktadır (19). Çocukların göç yolculuğu ve sonrasında yaşadığı deneyimler oldukça sıkıntılı olabilir. Yapılan bir araştırmada Kübalı mülteci çocukların ABD'ye giderken ve mülteci kamplarında alıkonuldukları sırada yaşadığı şiddet veya tanık olduğu şiddet nedeniyle içe kapanma belirtileri sergilediği belirlenmiştir (20). Mülteci olarak başvurdukları ülkede doğrudan ve dolaylı olarak şiddete veya travmatik olaylara maruz kalan çocukların çoğunda bir dizi olumsuz psikolojik belirti meydana geldiği bildirilmiştir (21). Literatürde, travmatik olaylara uzun süre maruz kalmanın savaş sırasında şiddete maruz kalan mülteci gruplarında çok çeşitli psikolojik sorunlarla ilişkili olduğu belirlenmiştir (22,23). Ancak bazı çalışmalarda göç öncesinde yaşanan travmatik olayların sayısının travma sonrası stres bozukluğu üzerinde bir etkisinin olmadığı da belirtilmiştir (24,25).

3.2. Fiziksel, Psikolojik veya Gelişimsel Bozukluklar

İsveç'te yapılan boylamsal bir çalışmada, önceden var olan gecikmiş gelişim, uzun süreli fiziksel hastalık veya psikolojik sorunlar gibi fiziksel, ruhsal ve gelişimsel problemlerin çocuklarda stres belirtilerinin oluşmasına, sosyal uyumun bozulmasına ve benlik saygısının azalmasına neden olduğu bildirilmiştir (26). Mülteci çocuklarda göç öncesinde bu tür bir olumsuz durumun olmamasının çocuk açısından çeşitli yararlar sağladığı belirlenmiştir. Travma meydana getirdiği kanıtlanmış planlanmamış göçlerde, kişide var olan önceki sorunların travma sonrası stres bozukluğu riskinin artmasıyla ilişkilendirildiği bildirilmiştir (17).

3.3. Yaş ve Cinsiyet

Çocuğun travmaya maruz kaldığı dönemdeki yaşı, göç ederken hangi yaşta olduğu gibi durumlar ortaya çıkan psikolojik semptomların şiddetini etkilemektedir. Örneğin, şiddetli çatışmalara kısa bir süre maruz kalan ergenlik çağındaki çocukların, ilerleyen dönemlerde yaşadığı travmanın olumsuz etkilerini sergilemeye devam edecekleri düşünülmektedir. Uzun süre devam eden çatışma ortamlarında büyüyen çocukların daha fazla ruhsal problemler yaşadığı belirtilmektedir (27). İngiltere'de sığınmacı çocuklarla yürütülen kesitsel bir araştırmada çocuğun göç ettiği yaştan artmasının travma sonrası stres bozukluğu semptomlarındaki artışla ilişkili olduğu, göç sürecinin bir ebeveyn refakatinde gerçekleşmesinin yaşanan sorunların azaltılmasında etkili olduğu belirlenmiştir. Bir ebeveyn refakatinde göç eden mülteci çocukların ilerleyen dönemde daha az sorun yaşadığı belirtilmiştir (28). Belçika ve Hollanda'da yürütülen araştırmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir (29,30). Araştırmalarda dikkat çekilen önemli bir nokta da göç sürecini ebeveyn refakatinde gerçekleştirilmemiş ergenlerin 18 yaşından sonra sınır dışı edilme olasılığından korktukları gerçeğidir. İngiltere'de bu tür süreçler yaşayan çocuklara mülteci olarak kalma hakkı verildiği ifade edilmektedir. Literatürde, cinsiyetin göç sürecindeki çocuklardaki ruhsal etkileriyle ilgili farklı sonuçlar bulunmaktadır. Göç sürecinde bir ebeveynin refakat ettiği ve göç sürecini refakatsiz sürdüren çocuklarla ilgili çalışmaların yarısında, süreçte yalnız kalan kız çocuklarında başta depresyon ve içselleştirme güçlükleri olmak üzere ruhsal sorunların yaygınlığının erkek çocuklara göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir (22,28). Belirtilen araştırmaların dışındaki bazı çalışmalarda, ruhsal sorunlar içerisinde travma sonrası stres bozukluğu gibi hastalık tanılarının cinsiyetle ilişkili olarak kızlarda daha fazla görüldüğü bildirilmiştir (20,31).

3.4. Eğitim

Mülteci çocukların daimi yurtlarından ayrılmak zorunda kalmadan önceki örgün eğitim döneminin ruhsal sorunlar veya davranışsal problemlerle ilişkisi araştırılmış olsa da çalışmalarda herhangi bir nedensel etki bulunamamıştır (30). Eğitim başarısı yüksek olan ve Slovenya'ya giden Bosnalı ergen mültecilerin, daha düşük akademik başarıya sahip olan akranlarına göre travma sonrası stres bozukluğu yaşama olasılığının daha yüksek olduğu belirlenmiştir (32). Ortaya çıkan farkın nedenleri kesin olmamakla birlikte, genel olarak iyi durumda olan mülteci çocuklarda olumsuz ruhsal semptomların da görülmeyeceği belirtilmiştir.

(33). Uzun süreli bir izlem araştırmasının sonuçları, göç sürecini olumlu şekilde atlatan mülteci göçmenlerde yaklaşık 8-9 yıl sonrasında bile sorun yaşayanlara oranla eğitime devam etme olasılığının daha yüksek olduğu; fakat eğitim sürecine devam etmelerinin olumlu ruhsal duruma katkı sağlayıp sağlamadığının net olmadığı bildirilmiştir (21).

4. TSSB'Yİ ÖNLEYİCİ HEMŞİRELİK GİRİŞİMLERİ

Mülteci çocuklar, göç ettikleri ülkedeki eğitim sistemine uyum ve uygulanan sınavlara adaptasyon konularında, sağlık hizmetlerine erişim gibi temel insani gereksinimlere ulaşmada eşit olmayan fırsatlarla karşı karşıya kalmaktadır. Hemşirelik girişimleri, mülteci çocukların sağlık ihtiyaçlarını karşılamak için oldukça önemlidir. Mülteci çocukların temel sağlık gereksinimleri fiziksel, psikolojik ve sosyal olarak çeşitlilik gösterir. Fiziksel sağlık ihtiyaçları, enfeksiyonlar, yaralanmalar ve beslenme bozuklukları gibi durumları içermektedir. Psikolojik sağlık ihtiyaçları, travma sonrası stres bozukluğu, depresyon ve kaygı gibi durumları içermektedir. Sosyal sağlık ihtiyaçları, dil eğitimi, sosyal destek ve barınma gibi konuları içermektedir. Hemşirelik girişimleri, mülteci çocukların sağlık ihtiyaçlarını karşılamak için oldukça önemli bir yere sahiptir. Bunlar arasında fiziksel gereksinimleri karşılamak için sunulan sağlık hizmetleri, psikolojik destek hizmetleri ve sosyal hizmetler gibi uygulamalar yer almaktadır. Hemşireler, mülteci çocukların sağlık ihtiyaçlarını değerlendirmek, tedavi etmek ve izlemek için gerekli olan tüm girişimleri sunmakla görevlidir. Ayrıca, hemşireler, mülteci çocukların sağlık ihtiyaçlarını karşılamak için diğer sağlık profesyonelleriyle işbirliği yapmalıdır. Ancak, bu hizmetlerin etkili bir şekilde sunulması için yeterli kaynakların sağlanması gerekmektedir. Ayrıca, hemşirelik girişimleri, mülteci çocukların sağlık ihtiyaçlarını karşılamak için diğer hizmetlerle birlikte sunulmalıdır (32).

KAYNAKÇA

- [1]. UNICEF. (2022). *Migrants and Refugees*. <https://news.un.org/en/story/2022/06/1120642>, (E.T.: 18.01.2023)
- [2]. United Nations High Commissioner for Refugees. (2021). *Global Trends Forced Displacement in 2021*. <https://www.unhcr.org/publications/brochures/62a9d1494/global-trends-report-2021.html>, (E.T.: 18.01.2023)
- [3]. Eurostat: Statistics Explained. (2022). *Annual Asylum Statistics*. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Annual_asylum_statistics, (E.T.: 18.01.2023).
- [4]. UNICEF. (2022). *Migrants and Refugees*. <https://news.un.org/en/story/2022/06/1120642>, (E.T.: 18.01.2023)
- [5]. World Health Organization. (2022). *World Mental Health Report: Transforming Mental Health for All*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240049338>, (E.T.: 18.01.2023).
- [6]. Scharpf, F., Kaltenbach, E., Nickerson, A. ve Hecker, T. (2021). A Systematic Review of Socio-Ecological Factors Contributing to Risk and Protection of the Mental Health of Refugee Children and Adolescents. *Clinical Psychology Review*, 83, 101930.

<https://doi.org/10.1016/j.cpr.2020.101930>

- [7]. Reed, R. V, Fazel, M., Jones, L., Panter-Brick, C. ve Stein, A. (2012). Mental Health of Displaced and Refugee Children Resettled in Low-Income and Middle-Income Countries: Risk and Protective Factors. *The Lancet*, 379(9812), 250–265. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)60050-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60050-0)
- [8]. Kien, C., Sommer, I., Faustmann, A., Gibson, L., Schneider, M., Krczal, E., Jank, R., Klerings, I., Szlag, M., Kerschner, B., Brattström, P. ve Gartlehner, G. (2019). Prevalence of Mental Disorders in Young Refugees and Asylum Seekers in European Countries: A Systematic Review. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 28(10), 1295–1310. <https://doi.org/10.1007/s00787-018-1215-z>
- [9]. Vossoughi, N., Jackson, Y., Gusler, S. ve Stone, K. (2018). Mental Health Outcomes for Youth Living in Refugee Camps: A Review. *Trauma, Violence, and Abuse*, 19(5), 528–542. <https://doi.org/10.1177/1524838016673602>
- [10]. Fazel, M., Reed, R. V, Panter-Brick, C. ve Stein, A. (2012). Mental Health of Displaced and Refugee Children Resettled in High-Income Countries: Risk and Protective Factors. *The Lancet*, 379(9812), 266–282. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)60051-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60051-2)
- [11]. Jaranson, J. M., Butcher, J., Halcon, L., Johnson, D. R., Robertson, C., Savik, K., Spring, M. ve Westermeyer, J. (2004). Somali and Oromo Refugees: Correlates of Torture and Trauma History. *American Journal of Public Health*, 94(4), 591–598. <https://doi.org/10.2105/ajph.94.4.591>
- [12]. United Nations High Commissioner for Human Rights. (1984). *Convention against Torture and Other Cruel, Inhuman or Degrading Treatment or Punishment*. <https://www.ohchr.org/en/instruments-mechanisms/instruments/convention-against-torture-and-other-cruel-inhuman-or-degrading>, (E.T.: 18.01.2023)
- [13]. Modvig, J. ve Jaranson, J. M. (2004). A Global Perspective of Torture, Political Violence, and Health. İçinde *Broken Spirits: The Treatment of Traumatized Asylum Seekers, Refugees and War and Torture Victims* (s. 33–52). Routledge.
- [14]. Willard, C. L., Rabin, M. ve Lawless, M. (2014). The Prevalence of Torture and Associated Symptoms in United States Iraqi Refugees. *Journal of Immigrant and Minority Health*, 16(6), 1069–1076. <https://doi.org/10.1007/s10903-013-9817-5>
- [15]. Vu, A., Adam, A., Wirtz, A., Pham, K., Rubenstein, L., Glass, N., Beyrer, C. ve Singh, S. (2014). The Prevalence of Sexual Violence Among Female Refugees in Complex Humanitarian Emergencies: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS Currents*, 18(6), PMC4012695. <https://doi.org/10.1371/currents.dis.835f10778fd80ae031aac12d3b533ca7>
- [16]. Müller, L. R. F., Büter, K. P., Rosner, R. ve Unterhitzenberger, J. (2019). Mental Health and Associated Stress Factors in Accompanied and Unaccompanied Refugee Minors Resettled in Germany: A Cross-Sectional Study. *Child and Adolescent Psychiatry and Mental Health*, 13(1), 8. <https://doi.org/10.1186/s13034-019-0268-1>
- [17]. Geltman, P. L., Grant-Knight, W., Mehta, S. D., Lloyd-Travaglini, C., Lustig, S., Landgraf, J. M. ve Wise, P. H. (2005). The "Lost Boys of Sudan": Functional and Behavioral

Health of Unaccompanied Refugee Minors Resettled in the United States. *Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine*, 159(6), 585–591. <https://doi.org/10.1001/archpedi.159.6.585>

[18]. Hjern, A., Angel, B. ve Höjer, B. (1991). Persecution and Behavior: A Report of Refugee Children From Chile. *Child Abuse and Neglect*, 15(3), 239–248. [https://doi.org/10.1016/0145-2134\(91\)90068-O](https://doi.org/10.1016/0145-2134(91)90068-O)

[19]. Angel, B., Hjern, A. ve Ingleby, D. (2001). Effects of War and Organized Violence on Children: A Study of Bosnian Refugees in Sweden. *American Journal of Orthopsychiatry*, 71(1), 4–15. <https://doi.org/10.1037/0002-9432.71.1.4>

[20]. Rothe, E. M., Lewis, J., Castillo-Matos, H., Martinez, O., Busquets, R. ve Martinez, I. (2002). Posttraumatic Stress Disorder Among Cuban Children and Adolescents After Release From A Refugee Camp. *Psychiatric Services*, 53(8), 970–976. <https://doi.org/10.1176/appi.ps.53.8.970>

[21]. Montgomery, E. (2010). Trauma and Resilience in Young Refugees: A 9-Year Follow-Up Study. *Development and Psychopathology*, 22(2), 477–489. <https://doi.org/10.1017/S0954579410000180>

[22]. Derluyn, I. ve Broekaert, E. (2007). Different Perspectives on Emotional and Behavioural Problems in Unaccompanied Refugee Children and Adolescents. *Ethnicity and Health*, 12(2), 141–162. <https://doi.org/10.1080/13557850601002296>

[23]. Ellis, B. H., MacDonald, H. Z., Lincoln, A. K. ve Cabral, H. J. (2008). Mental Health of Somali Adolescent Refugees: The Role of Trauma, Stress, and Perceived Discrimination. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 76(2), 184–193. <https://doi.org/10.1037/0022-006X.76.2.184>

[24]. Berthold, S. M. (1999). The Effects of Exposure to Community Violence on Khmer Refugee Adolescents. *Journal of Traumatic Stress*, 12(3), 455–471. <https://doi.org/10.1023/A:1024715003442>

[25]. Berthold, S. M. (2000). War Traumas and Community Violence: Psychological, Behavioral, and Academic Outcomes Among Khmer Refugee Adolescents. *Journal of Multicultural Social Work*, 8(1–2), 15–46. https://doi.org/10.1300/J285v08n01_02

[26]. Almqvist, K. ve Broberg, A. G. (1999). Mental Health and Social Adjustment in Young Refugee Children 31/2 Years After Their Arrival in Sweden. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 38(6), 723–730. <https://doi.org/10.1097/00004583-199906000-00020>

[27]. Baird, S., Panlilio, R., Seager, J., Smith, S. ve Wydick, B. (2022). Identifying Psychological Trauma Among Syrian Refugee Children for Early Intervention: Analyzing Digitized Drawings Using Machine Learning. *Journal of Development Economics*, 156, 102822. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2022.102822>

[28]. Hodes, M., Jagdev, D., Chandra, N. ve Cunniff, A. (2008). Risk and Resilience for Psychological Distress Amongst Unaccompanied Asylum Seeking Adolescents. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 49(7), 723–732.

<https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2008.01912.x>

[29]. Bean, T. M., Eurelings-Bontekoe, E. ve Spinhoven, P. (2007). Course and Predictors of Mental Health of Unaccompanied Refugee Minors in the Netherlands: One Year Follow-Up. *Social Science and Medicine*, 64(6), 1204–1215. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2006.11.010>

[30]. Bean, T., Derluyn, I., Eurelings-Bontekoe, E., Broekaert, E. ve Spinhoven, P. (2007). Comparing Psychological Distress, Traumatic Stress Reactions, and Experiences of Unaccompanied Refugee Minors with Experiences of Adolescents Accompanied by Parents. *Journal of Nervous and Mental Disease*, 195(4), 288–297. <https://doi.org/10.1097/01.nmd.0000243751.49499.93>

[31]. Rousseau, C., Drapeau, A. ve Platt, R. (2000). Living Conditions and Emotional Profiles of Cambodian, Central American, and Québécois Youth. *Canadian Journal of Psychiatry*, 45(10), 905–911. <https://doi.org/10.1177/070674370004501005>.

[32]. Hodes, M. ve Vostanis, P. (2019). Practitioner Review: Mental Health Problems of Refugee Children and Adolescents and Their Management. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 60(7), 716–731. <https://doi.org/10.1111/jcpp.13002>

STRES ÇALIŞMALARI: BİR SİSTEMATİK LİTERATÜR TARAMASI

Hakan YÜKSEL

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, - 0000-0003-2186-533X

Miray TUNCEL

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, - 0000-0002-3376-6980

ÖZET

Stres, çoğu insanın farklı durumlarda mücadele ettiği günlük yaşamın ortak bir parçasıdır. Araştırmalara göre uzun süreli stres, depresyon, anksiyete, yüksek tansiyon ve kalp krizi gibi zihinsel ve fiziksel hastalıklara neden olabilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü'ne göre ise stres, vatandaşların sağlığını etkileyen bir ruhsal hastalık türüdür. Son zamanlardaki istatistiksel çalışmalar, dünyanın her yerindeki insanlarda zihinsel strese bir artış olduğunu göstermektedir. Stres, zorlu bir olaya veya zorlu bir duruma tepki olarak insan vücudunun artan psiko-fizyolojik durumu olarak da tanımlanmaktadır. Aynı anda birden fazla stres kaynağına uzun süre maruz kalınması durumunda, bir kişinin zihinsel ve fiziksel sağlığı olumsuz etkilenebilmekte ve bu da kronik sağlık sorunlarına yol açabilmektedir. Strese bağlı sorunları önlemek için öncelikle uzun süreli takip ile tespit etmek gerekmektedir. Stresi teşhis etmek için ise anketlerin kullanımı, biyokimyasal ölçümler ve fizyolojik teknikler gibi çeşitli yaklaşımlar mevcuttur. Stresi teşhis etmek için en güvenilir yöntem de fizyolojik sinyallerdir. Bu nedenle stresin tahmini kadar tespiti de önemli bir araştırma alanı haline gelmiştir. Bu makalede, fizyolojik parametreleri kullanan çeşitli stres çalışmaları incelenmektedir. Araştırma sonucunda en çok çalışılan konuların stres, stres yönetimi ve stresle başa çıkma olduğu belirlenmiştir. 2020 ile 2023 yılları arasında yayınlanan çalışmaların sistematik bir incelemesi, Google Scholar veri tabanı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Stresin fiziksel ve psikolojik sağlık üzerindeki etkileri hakkında yapılan araştırmalar oldukça çeşitlidir ve bu alanda önemli bir literatür bulunmaktadır. Bu çalışmada, literatürdeki önemli makalelerin amaçları ve araştırma sorularına göre analiz sağlanmıştır. İncelenen makalelerin genel bir değerlendirmesi yapılarak çalışma sonuçlandırılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, gelecekte araştırma yapacak araştırmacılara rehberlik etmek hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Stres, stres tespiti, stres faktörleri, fizyolojik sinyaller.

1.GİRİŞ

Stres kelimesi Latince "estrica" sözcüğünden türemiştir. Bu kelime insanlar için bir tehlike işareti veya uyarı olarak algılanan olaylara verilen fizyolojik ve psikolojik tepkileri ifade etmektedir. Stresin kontrol altına alınabilmesi için ilk adım, stres yaratan faktörleri tanımak ve bunları zarar vermeden minimize etmektir. Stresi yaratan faktörler hayatımızda her zaman var olabilmektedir. İş, aile, finans, sağlık, çevresel faktörler, sosyal ve kişisel faktörler stres

yaratabilmektedir. Bu faktörlerden bazıları kontrol edilemez veya öngörülemezdir, ancak bazılarına yönelik önlemler almak mümkündür. Stres yaratan faktörleri tanımak önemlidir, çünkü bu faktörlerle nasıl başa çıkacağımızı öğrenmemize yardımcı olmaktadır. Farkındalık, stresin oluşmasına neden olan faktörleri belirlemede önemli bir adımdır. Kendimizde veya başkalarında gözlemlediğimiz stres belirtilerini fark etmek ve nedenleri hakkında düşünmek, stresle başa çıkma becerilerimizi geliştirmemize yardımcı olabilmektedir. Stresi yaratan faktörleri tanımak, stresin etkilerini azaltmaya yardımcı olabilmektedir. Bu faktörlerin neden olduğu stresi azaltmak için, stresle başa çıkma teknikleri ve stres yönetimi stratejileri kullanmak önemlidir.



Şekil 1. Stres Yönetimi

Stres yönetiminin önemi, stresin sağlık üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirmek, psikolojik iyi oluşu arttırmak, daha iyi iş performansı göstermek ve genel refahı artırmak için önleyici bir yaklaşım sağlamasıdır. Stres yönetimi, kişisel stres seviyelerini azaltmak ve olumsuz tepkileri kontrol altında tutmak için çeşitli yöntemler içermektedir. Bunlar arasında gevşeme teknikleri, meditasyon, nefes egzersizleri, egzersiz yapma, uyku düzenlemesi, sağlıklı beslenme alışkanlıkları geliştirme, zaman yönetimi ve problem çözme becerilerini geliştirme gibi çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Ayrıca, stresli durumları önceden tahmin etmek, stres yaratan faktörleri azaltmak veya ortadan kaldırmak, sosyal destek sistemlerini kullanmak ve stresle başa çıkmak için diğer insanlarla konuşmak gibi önleyici önlemler de alınabilmektedir. Stres yönetimi, insanların hayatlarında stresin etkilerini azaltarak, daha mutlu, daha sağlıklı ve daha üretken olmalarını sağlamaktadır. Bu nedenle, stres yönetimi tekniklerini öğrenmek ve düzenli olarak uygulamak, sağlıklı bir yaşam sürdürmek için önemlidir.

Stres, günlük yaşamın bir parçası olmasına rağmen, insanlar üzerinde olumsuz etkileri olan bir olgudur. Bu nedenle, stres ve stresle başa çıkma stratejileri konusu, son yıllarda araştırmacılar ve sağlık uzmanları tarafından yoğun bir şekilde ele alınmaktadır. Bu çalışmalar, stresin nedenleri, belirtileri, etkileri, yönetimi ve azaltılması konularında önemli bilgiler sağlamaktadır. Bu nedenle, bu alanda yapılan çalışmaların gözden geçirilmesi, stresin insan

sağlığı üzerindeki etkilerinin daha iyi anlaşılmasına ve stresle başa çıkma stratejilerinin geliştirilmesine yardımcı olacaktır.

Araştırmanın Önemi

Stres, olumsuz etkileri insan sağlığı üzerinde derinlemesine incelenmesi gereken bir olgudur. Stresin nedenleri, belirtileri, etkileri, yönetimi ve azaltılması konusunda yapılan araştırmalar, insanların stresle başa çıkma stratejilerini geliştirmelerine ve daha sağlıklı bir yaşam sürmelerine yardımcı olabilmektedir. Bu nedenle, stres konusu, farklı disiplinlerde ve araştırma alanlarında araştırmacılar tarafından ele alınmaktadır. Bu çalışmada, yapılan çalışmaların gözden geçirilmesini, araştırma konularının belirlenmesini, var olan boşlukların tespit edilmesini ve gelecekteki araştırmalar için yol haritası oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu çalışmanın önemi, stres konusunda yapılan araştırmaların daha kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesine ve stresle başa çıkma stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlamasıdır. Ayrıca, stresin nedenleri, belirtileri ve etkileri hakkında güncel bilgilerin sağlanması, sağlık uzmanlarına ve diğer ilgili kişilere stresle başa çıkma konusunda yol gösterici olmaktadır.

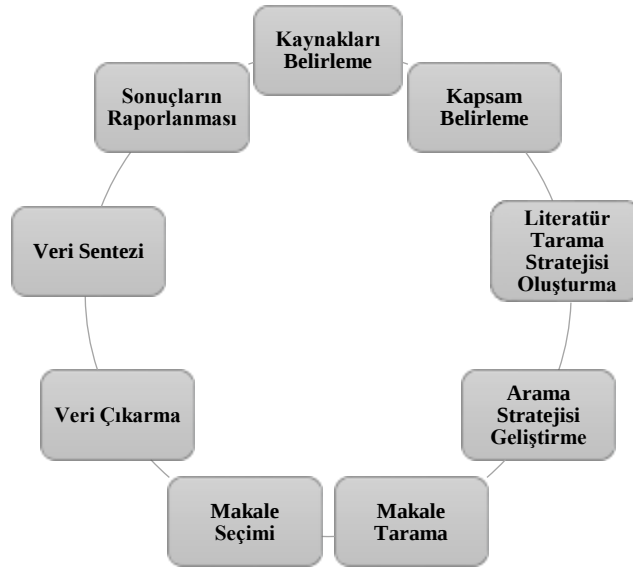
Araştırmanın Amacı

Çalışmada, stresin nedenlerini, etkilerini, belirtilerini, sınıflandırmasını, etkili yönetim stratejilerini ve koruyucu faktörlerini inceleyerek stresin etkilerini azaltmak için uygun müdahalelerin belirlenmesine yardımcı olmaktır. Ayrıca, stresin farklı faktörler (yaş, cinsiyet, meslek, sosyoekonomik durum vb.) üzerindeki etkileri, stresin farklı popülasyonlarda nasıl yönetildiği ve stresle başa çıkma becerileri hakkında bilgi sağlamak da amaçlanmaktadır. Bu çalışma, stresin birçok alanda, özellikle de sağlık, iş ve eğitim alanlarında, insanlar üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için alınabilecek önlemleri belirleyebilmesi ve gelecekteki araştırmalara yol gösterici olması hedeflenmektedir.

2. YÖNTEM

2.1. Araştırma Modeli

Çalışmada kullanılan sistematik literatür incelemesi, belirli bir araştırma sorusu veya hipotezi yanıtlamak için mevcut tüm ilgili literatürü sistematik olarak toplama, değerlendirme, sentezleme ve raporlama sürecidir. Bu süreçte önceden belirlenmiş belirli adımlar takip edilmektedir. Bu adımlar arasında kaynakların belirlenmesi, kapsamın belirlenmesi, arama stratejisinin geliştirilmesi, makale tarama, makale seçimi, veri çıkarma, veri sentezi ve sonuçların raporlanması yer almaktadır. Bu adımlar, sistematik bir yaklaşımla araştırma sorusunun yanıtlanmasına yönelik bilgi elde etmeyi sağlamıştır.



Görsel 2. Literatür Tarama Süreci

Bu yöntemler, sistemik literatür taramalarının doğru, kapsamlı ve tekrarlanabilir olmasını sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin aşamaları anahtar kelimeler kullanılarak arama stratejisi geliştirme, belirlenen veri tabanlarında ve kaynaklarda makale tarama, seçilen makalelerin dikkatlice taranması ve araştırma konusuyla ilgili olanların seçimi, veri çıkarma, veri sentezi ve sonuçların raporlanmasıdır. Bu yöntemler sayesinde, araştırma sorularına yanıt veren sonuçlar elde edilmiştir ve uygun bir şekilde raporlanmıştır.

2.2 Verilerin Toplanması

Bu çalışmada, veri toplama yöntemi olarak doküman incelemesi tercih edilmiştir. Google Scholar veri tabanı kullanılarak yapılan literatür araştırması, kaynakların belirlenmesi, literatür tarama stratejisi oluşturma, arama stratejisi geliştirme ve makale tarama adımları ile veri toplanmıştır. Veriler, seçilen makalelerden alınan bilgilerin veri çıkarma ve sentez işlemleriyle bir araya getirilmesiyle elde edilmiştir.

2.3 Verilerin Analizi

Çalışmada, verilerin analizi, öncelikle seçilen makalelerin dikkatli bir şekilde okunması ve incelenmesiyle başlamıştır. Bu aşamada, her bir makaleden toplanan veriler, önceden belirlenmiş anahtar kavramlar doğrultusunda ayrıştırılmıştır ve aynı konuya odaklanan diğer makalelerle karşılaştırılmıştır. Verilerin analizi aşamasında, makalelerdeki bulgular dikkatle incelenmiştir, ortak noktalar ve farklılıklar belirlenmiştir. Benzer bulgular bir araya getirilerek sentezlenmiştir ve sonuçlar çıkarılmıştır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Çalışmada, 2020-2023 yılları arasında “Google Scholar” veri tabanında bulunan “stres” anahtar kelimesi kapsamında hazırlanan makalelerden elde edilen bulgulara yer verilmiştir.

3.1. 2022 Yılı Çalışmaları

Didin, Yavuz ve Yazıcı (2022) çalışmalarında Covid-19 pandemisi döneminde öğrencilerin stres, anksiyete, depresyon, korku düzeylerini etkileyen faktörleri literatür taraması yöntemini kullanmışlardır. Tarama sonucunda 562 çalışmaya ulaşılmış ve yaş aralığı 14-33 arasındaki öğrencilerin anksiyete, korku ve depresyon düzeylerinin, cinsiyet, hastalık durumu, enfeksiyon

bulaşma kaygısı, hastalık ile ilgili bilgi düzeyi, koruyucu ekipmanların yeterliliği, aile yapısı, ekonomik şartlar, sosyal destek düzeyi, ebeveynler ile yaşama durumu, hastalığa bakış açısı ve madde kullanımı ile ilişkili olduğu saptanmıştır. Sonuçlar, genellikle öğrencilerin orta düzeyde anksiyete yaşadığını göstermektedir ve kız öğrencilerin anksiyete ve depresyon düzeylerinin erkek öğrencilere göre daha yüksek olduğu bulunmuştur (Didin, Yavuz, & Yazıcı, 2022). Bir diğer çalışmada çiftlik hayvanlarının sağlığının korunması incelenmiş olup stres de ele alınmıştır. Modern üretim sürecinde evcilleştirilen çiftlik hayvanları, sürekli artan verimleri için iyi kaliteli yemlerle uygun miktar ve oranlarda beslenmelidir. Bunun yanı sıra, barınak koşullarının iyileştirilerek stres yükünün azaltılması da önemlidir. Hayvanlar doğada her türlü değişikliğe uyum sağlayabilirler, ancak çiftlik koşullarında stres kaynakları daha fazladır. Yem değişiklikleri, fizyolojik durumlarındaki değişimler ve bakım idarededeki farklılıklar hayvanlarda stres oluşturur. Stres faktörleri hayvanların verimini, sağlığını ve ürün kalitesini olumsuz yönde etkileyebilir. Çiftlik hayvanlarının stres etmenlerinden korunarak yetiştirilmesi, helal gıda üretimi için en uygun yöntemdir ve uluslararası pazarda rekabet avantajı sağlayabilir (Demirel & Demirel, 2022). Gülnar ve Çalışkan çalışmalarında, stres inkontinansın kadınlarda en sık görülen inkontinans türü olduğunu ve hastaların yaşamını olumsuz etkilediğini belirtmektedir. Konservatif tedavilerin, hastaya zarar vermeden semptomları hafifletmek ve yaşam kalitesini arttırmak için ilk seçenek olduğu vurgulanmaktadır. Hemşirelerin, stres inkontinans tedavisindeki kanıt temelli bilgiye sahip olmaları gerektiği ancak yeterli bilgiye sahip olmadıkları için bu kanıtları uygulamada yansıtmadıkları belirtilmektedir. Kanıta dayalı uygulama modellerinden biri olan Stevens Yıldız Modeli Bilginin Dönüşümü'nün kullanımının, kanıta dayalı hemşirelik araştırmalarının sistematik olarak yürütülmesine yardımcı olduğu ifade edilmektedir. Çalışmada ayrıca, stres inkontinans bakım protokolünün, Yıldız Modelinin aşamaları kullanılarak oluşturulduğu ve bu protokollerin kanıta dayalı bilgi ile klinik uygulamalar arasında köprü görevi üstlendiği aktarılmaktadır (Gülнар & Çalışkan, 2022). Alpay ve Çelik (2022) karmaşık travma ile ilgili bir derleme çalışması yapmıştır. Karmaşık travma, uzun süreli ve tekrarlayan travmatik olaylardan kaynaklanan ve travma sonrası stres bozukluğundan farklı belirtilere sahip bir tanıdır. Dünya Sağlık Örgütü tarafından 2018 yılında yayınlanan Uluslararası Hastalık Sınıflandırmasının en güncel versiyonu olan 11. Baskısı (ICD-11), "Stres ile İlişkili Bozukluklar" kategorisi altında karmaşık travma sonrası stres bozukluğu olarak yeni bir tanı kabul edilmiştir. Bu yeni tanı, travma sonrası stres bozukluğunun yanı sıra duygu disregülasyonu, kişilerarası ilişkilerde sorunlar ve olumsuz benlik kavramı olmak üzere benlik organizasyonu ile ilgili 3 yeni belirtiyi de içermektedir. Çalışmada, Tanısal ve Sayımsal El Kitabının (DSM) 5. baskısı ile ICD-11 arasındaki TSSB tanısı farklılıkları incelenmiştir. Karmaşık TSSB bozukluğunun tarihçesi, tanımı ve diğer bozukluklarla arasındaki farklılıklar da ele alınmıştır. Son olarak, karmaşık TSSB'nin tedavisinde kullanılan yöntemler ile ilgili çalışmalar özetlenmiştir (Alpay & Çelik, 2022). Göktaş ve Buldukoğlu (2022) çalışmalarında iş stresi üzerinde durmuşlardır. Psikiyatri hemşireliği, ruhsal sorunları olan hastalarla uzun süreli ve kronik bir şekilde ilgilenen bir hemşirelik disiplini. Bu alanda çalışan hemşireler, hasta ve hasta yakınları ile sürekli etkileşim halinde olmaları, hastaların saldırganlık riski taşınması, psikiyatri kliniklerinin kapalı kapı sistemi ile çalışması gibi nedenlerle yoğun mesleki stres yaşarlar. Bu stres, hemşirelerin sağlık sorunlarına, tükenmişlik sendromuna, işten ayrılmaya ve yaşam kalitesinin düşmesine neden olabilir. Hemşirelerin iş doyumu ise kişilik özellikleri, çalışma koşulları, kurum politikaları ve meslektaşların tutumları gibi faktörlere

bağlıdır. Psikiyatri hemşirelerinde mesleki stres ve iş doyumunu etkileyen faktörleri incelemek önemlidir (Göktaş & Buldukoğlu, 2022).

3.2. 2021 Yılı Çalışmaları

Sağbaş, Korukoglu, & Balli (2021) çalışmalarında bireyin stres seviyesini mobil cihaz üzerinde yazma davranışlarını ölçerek değişikliği gözlemlemişlerdir. Çalışma sonucunda elde edilen veriler ile insanların yazma davranışlarının incelenmesi ile stres ölçümünün mümkün olduğu kanısına varılmıştır. (Sağbaş, Korukoglu, & Balli, 2021) Diğer bir çalışmada, stres faktörünün havacılık endüstrisine olan etkilerine odaklanılmıştır. Yoğun stresin, uçuş güvenliği, yer hizmetlerinde işleyişin sürdürülebilirliği, kabin ekibinin motivasyonu ve pilotların performansı gibi konularda büyük etkiye sahip olduğu görülmüştür. Stres uyaranlarına yoğun olarak maruz kalmanın iş stresi, performans sorunu ve bireysel sağlık sorunlarına neden olduğu belirlenmiştir. Stres yönetimi için egzersiz yapmak, uyku düzenine dikkat etmek, müzik dinlemek, odağını değiştirmek gibi yöntemler önerilmiştir. Stres yönetimi sağlanarak performans ve verimlilik artışı yaşanabileceği sonucuna varılmıştır (Aksu & Odabaş, 2021). Sağbaş, Korukoglu, & Balli (2021) yılındaki bir diğer çalışmalarında ise sadece akıllı telefon verilerinden faydalanarak stresin tespiti üzerinde durmuşlardır. Bu çalışmanın temel amacı ise aynı konuyu araştıran insanlara yol gösterici bir çalışma sunmaktır. Çalışmada sınıflandırma yöntemleri karşılaştırılmış olup, istifleme yönteminin diğer yöntemlere göre daha etkin olduğu ortaya koyulmuştur (Sağbaş, Korukoglu, & Balli, 2021). Mou ve arkadaşları (2021) farklı bir model önerisinde bulunmuşlardır. Dikkat tabanlı derin öğrenme tekniklerini kullanarak bir sürücü stres tespiti çerçevesi önermişlerdir. Önerilen çerçeve, göz, araç ve çevresel verileri bir araya getiren bir model kullanmaktadır ve sürüş benzetimi kullanarak yapılan deneylerde ortalama %95.5 doğruluk oranı elde edilmiştir (Mou, 2021). Bakioğlu (2021) çalışmasında, üniversite öğrencilerinin stres düzeylerini belirlemek ve stresle başa çıkmak için kullandıkları stratejileri incelemeyi amaçladı. Bulgular, yüksek stres düzeylerinin akademik başarısızlıkla ilişkili olduğunu gösterdi ve bilişsel yeniden yapılandırma stratejilerinin stresle başa çıkma için etkili olduğunu ortaya koydu (Bakioğlu, 2021). Özsezer ve Ataç (2021), çalışmalarında sanal gerçeklik (VR) teknolojisinin son zamanlarda farkındalık ve refahı iyileştirmek için bir araç olarak kullanıldığını belirtmektedirler. Ancak, ulusal ve uluslararası alandaki literatür incelendiğinde, farkındalık pratiklerinin hemşirelik uygulamalarına VR uygulamaları olarak aktarılması konusunda sınırlı sayıda çalışma yapıldığı tespit edilmiştir. VR teknolojilerinin, sürükleyici ve ilgi çekici bir sanal ortam yaratarak çevresel dikkat dağınıklığına karşı mücadelede etkili olduğu ve mindfulness temelli stres azaltma programlarının stres, kaygı, anksiyete ve korkunun azaltılması, dikkat kazanılması, belleğin artırılması, travma sonrası stres bozukluğu, yeme bozukluğu ve ağrı tedavisinde kullanılabileceği belirtilmiştir. Çalışma stres azaltma programları ile hemşirelik uygulamaları arasındaki ilişkiyi ele almayı amaçlamaktadır. Sonuç olarak, çalışmalar VR teknolojisinin farkındalığı ve refahı iyileştirmek için kullanım potansiyeli olduğunu göstermektedir. Ancak, VR'da farkındalık konusundaki literatür sınırlıdır ve daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Bu çalışma neticesinde yeni teknolojilerin hemşirelik uygulamaları ve hemşirelik eğitiminde benimsenmesinin, hemşire-hasta ilişkilerini olumlu yönde etkileyeceği ve potansiyel faydalar sağlayacağı saptanmıştır (Özsezer & Ataç, 2021).

3.3. 2020 Yılı Çalışmaları

Can, Chalabianloo, Ekiz, Fernandez-Alvarez, Riva, Ersoy (2020) çalışmalarında stres kümelenmesi üzerinde durmuşlardır. Karma bir yaklaşım geliştirmiş olup bireyden bağımsız olarak yapılacak çalışmalara ışık tutmaktadır. Çalışmaya belli bir grubu katılımcı olarak seçmiş, bileklerine takılan cihazlarla da veriler toplanmıştır. Çalışmanın neticesinde üç farklı seviye stres ölçümü ve ayrımı sağlanmıştır (Can, 2020). Padjama (2020) çalışmasında stres seviyelerin tespiti için bir örneklem geliştirmiştir. Basınç, kalp atış hızı, vücut ısı ve karbondioksit gazını da algılayabilen sensörler ile stres seviyeleri ölçümü yapılmış olup bilgiler nesnelerin interneti vasıtasıyla iletilmiştir. Tajuttin ve arkadaşları (2020), bireyler arasında stres tespiti için hibrit bir ontoloji kullanarak, sosyal medyada paylaşılan stresle ilgili mesajları doğru bir şekilde tanımlayan bir stres tespit çerçevesi önermiştir. Bu çerçeve, intihar önleme tedbirleri alınmasına yardımcı olabilecek bir araç olarak kullanılabilir. Sağbaş et al. (2020), akıllı telefon dokunmatik ekran verilerini kullanarak stresin etkilerini araştırdı. 46 katılımcının verileri toplanarak üç farklı veri kümesi oluşturuldu ve 112 farklı öznitelik tanımlandı. Öznitelikler, Kazanç Oranı algoritması kullanılarak sıralandı ve sınıflandırma için C4.5 Karar Ağaçları, Bayes Ağları ve k-En Yakın Komşu yöntemleri kullanıldı. Sonuçlar, sırasıyla %74.26, %67.86 ve %87.56 oranında sınıflandırma başarısı gösterdi (Sağbaş E. K., 2020). Ciabattone ve arkadaşları (2020), klavye ve fare verilerine dayalı bir stres algılama sistemi geliştirmiştir. Bu sistemin gelişimi üç adımdan oluşmaktadır. İlk olarak, bir web uygulama çerçevesi klavye ve fareden veri toplar ve her kullanıcı bazı görevleri gerçekleştirirken stres seviyesini belirler. İkinci olarak, toplanan verilerden öznitelik çıkarma ve öznitelik seçme prosedürleri uygulanır. Son olarak, stres sınıfları öznitelikleriyle eğitilmiş üç farklı makine öğrenmesi yaklaşımı test edilerek stres tespit edilmeye çalışılır (Ciabattone, 2020). Ma ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, COVID-19 pandemisi sırasında artan stres seviyeleri ve bu stresin insanların zihinsel sağlığı üzerindeki etkileri üzerine bir sistemik incelemede bulunmuşlardır (Ma, 2020). Rachakonda ve arkadaşları (2020) bir uç cihaz olan Akıllı Yoga Yastığı, Nesnelerin İnterneti (IoT) bulut yöntemi kullanılarak stres ve uyku arasındaki ilişkiyi anlamaya yardımcı olacak şekilde öneride bulunmuşlardır (L. Rachakonda, 2020). Nath ve arkadaşlarının (2020) çalışmasına göre ise, Galvanik Deri Tepkisi (GSR) en yaygın fizyolojik belirteç olarak stresi tanımlamak için kullanılmaktadır. GSR, hem fizyolojik hem de psikolojik uyarım ile ilişkilendirilmiştir. Deri iletkenliği, artan ter bezi aktivitesinin bir sonucu olarak ANS uyarılması tarafından yükselir. Bu nedenle, gerçek zamanlı stres izleme önemlidir. Araştırma, stres tespit tekniklerini incelemiştir ve önceki çalışmalardan anlık stres izleme için bir uç bilişim çerçevesi kullanıldığını belirtmiştir (R. K. Nath, 2020). Bobane ve arkadaşları, bireylerde stres tespiti için giyilebilir fizyolojik ve hareket sensörlerinden kaydedilen veri kümelerini kullanarak farklı makine öğrenimi ve derin öğrenme teknikleri önermiştir. Sensör verileri üç sınıflı ve ikili sınıflandırmalar için değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar %81.65 ila %93.20 arasında değişen doğruluk oranları göstermiştir. Derin öğrenme kullanarak elde edilen sonuçlar ise sırasıyla %84.32 ve %95.21 doğruluk oranlarına sahiptir (Bobade, 2020). Lan ve arkadaşları çalışmalarında, eczacılar üzerinde yapılan bir anket çalışması ile örgüt iklimi, iş stresi, işyeri tükenmişliği ve eczacıların işte kalma niyeti arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışmanın sonuçları, örgütsel iklimin iyileştirilmesinin eczacıların iş stresi ve tükenmişlik düzeylerinin azaltılmasına ve işte kalma niyetlerinin artmasına katkı sağlayabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, çalışmada belirtilen öneriler doğrultusunda, yöneticilerin daha sağlıklı bir

işyeri yaratmak için çaba göstermeleri ve örgütsel iklimi geliştirmeleri önemlidir (Lan. Y-L., 2020).

4. SONUÇ

2020 yılında yapılan çalışmalar, farklı yaklaşımlar ve yöntemler kullanarak stresin tespiti ve ölçümüne odaklanmıştır. Bazı çalışmalar, çeşitli verileri birleştirerek stres seviyelerini ölçmeyi amaçlarken, diğerleri ontolojiler ve makine öğrenme algoritmalarını kullanarak sosyal medya gönderileri ve cihazlar aracılığıyla stres seviyelerini belirlemiştir. Ek olarak, COVID-19 pandemisi sırasında artan stres seviyeleri üzerine çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar bireylerin stres seviyelerini belirlemede yardımcı olabilir ve stresin ölçümü ve tespiti için çeşitli yöntemler kullanılabilir. 2021 yılındaki literatür raporları, stresle ilgili çalışmaların stres ölçümü, stres yönetimi, başa çıkma stratejileri ve stres ile diğer konular arasındaki ilişkiler gibi ortak yönlerini incelemiştir. Bu çalışmaların birçoğu stres tanımlama ve yönetimi için teknolojik araçlar kullanmıştır. Örneğin, akıllı telefon verilerinin analiz edilmesi, dikkat odaklı derin öğrenme teknikleri ve mobil cihazlardaki yazı yazma davranışlarının incelenmesi gibi yöntemler kullanılmıştır. Ayrıca, öğretmenler, üniversite öğrencileri ve sürücüler gibi farklı gruplar için stresle başa çıkma stratejileri de araştırılmıştır. Bu çalışmalar, stresin insan hayatında önemli bir rol oynadığını ve stres yönetiminin kişisel ve profesyonel başarı için hayati önem taşıdığını vurgulamaktadır. 2022 yılındaki birçok çalışma, stresin insan sağlığı ve refahı üzerindeki etkilerini ve stres azaltma stratejilerinin etkililiğini araştırmaya devam etmiştir. Stres tespiti ve yönetimi için teknolojinin kullanımı bu çalışmaların ortak özelliği olmuştur. Farklı yaklaşımlar sunan makine öğrenme algoritmaları, EEG verileri, GSR gibi fizyolojik belirteçler ve IoT gibi teknolojiler stresin tespiti ve yönetimi için kullanılmıştır. Bu çalışmalar, stresi azaltmak ve stresli durumlarda performansı artırmak için teknolojinin kullanımının önemini vurgulamaktadır. Bu çalışmaların sonuçları daha etkili stres yönetimi stratejileri geliştirmek için kullanılmaktadır. Son üç yılda yapılan stres çalışmaları, stresin insan vücudu ve zihni üzerindeki etkilerini konu alan önemli bulgular ortaya koymuştur. Bu çalışmaların birçoğu, stresin uzun süreli kronik hastalıklara yol açabileceğini ve bu nedenle stresle başa çıkmanın hayati önem taşıdığını göstermektedir. Stres, psikolojik sağlık sorunlarına, uyku bozukluklarına, kalp hastalıklarına, sindirim problemlerine ve hatta kanser gibi birçok sağlık sorununa zemin hazırlayabilmektedir. Son yıllarda yapılan stres çalışmaları, stresle başa çıkmanın birçok farklı yolu olduğunu da göstermektedir. Bu yöntemler arasında meditasyon, yoga, egzersiz, sağlıklı beslenme, uyku düzeni, sosyal destek ve terapi yer almaktadır. Bu yöntemlerin her biri, stresle başa çıkmada etkili olabilmekte ve birçoğu, stresle mücadelede kombinasyon halinde kullanıldığında daha da etkili olmaktadır. Sonuç olarak, son üç yılda yapılan stres çalışmaları, stresin ciddi sağlık sorunlarına yol açabileceğini ve stresle başa çıkmanın hayati önem taşıdığını göstermektedir. Ayrıca, stresle başa çıkmanın birden fazla yolu olduğu ve bu yöntemlerin bir kombinasyonunun daha etkili olabileceği bulunmuştur. Bu araştırmalar, insanların stresle daha etkili bir şekilde başa çıkmasına yardımcı olabilmektedir. Bu konuda çalışmak isteyen araştırmacılar, bu çalışmayı göz önünde bulundurarak farklı alanlarda çalışmalar yürüterek alan yazınındaki çeşitliliği artıracaklardır.

KAYNAKÇA

- Aksu, B., & Odabaş, M. S. (2021). Havacılık Sektöründe Stres Yönetimi ve Çözüm Önerileri. *Open Access Journal e-ISSN: 2618 – 6640 Cilt 4 - Sayı 2:*, 99-103.
- Alghadir, A. H. (2021). Wearable devices in the assessment of stress among healthcare workers: a systematic review. . *Journal of Medical Systems*, 1-10.
- Alpay, E. H., & Çelik, D. (2022). Karmaşık Travma Sonrası Stres Bozukluğu: Bir Gözden Geçirme. *Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar 14(4)*, 589-596.
- Aydın, Ö. K. (2020). Giyilebilir Teknolojiler İle Stres Düzeyi Ölçümü ve Yönetimi. . *Ege Journal of Medicine*, 78-83.
- Bakioğlu, F. &. (2021). COVID-19 and positivity: Mediating role of intolerance of uncertainty, depression, anxiety, and stress. *International Journal of Mental Health and Addiction*.
- Başar, B. A. (2020). Giyilebilir teknolojilerle sağlık takibi: Stres ölçümü. . *Ulusal Biyoteknoloji Kongresi Bildiriler Kitabı*, 53-54.
- Bobade, P. a. (2020). Stress Detection with Machine Learning and Deep Learning using Multimodal Physiological Data. *Bobade, P. and Vani, M., 2020, Stress Detection with Machine Learning and Deep Learning using MultiInternational Conference on Inventive Research in Computing Applications*, 51-57.
- Caine, K. E. (2019). 1. Caine, K. E., & Scott, J. L. (2019). Using wearable technology for stress management in daily life: A systematic review. *Journal of Medical Internet Research*, 21(4), e13423. *Journal of Medical Internet Research*.
- Can, Y. C.-A. (2020). Personal stress-level clustering and decision-level smoothing to enhance the performance of ambulatory stress detection with smartwatches. *IEEE Access*.
- Chen, Y. W. (2021). The effects of stress management interventions on job performance: A meta-analysis. . *Journal of Business and Psychology*.
- Chen, Y. W. (2021). Wearable device based on photoplethysmography and electrodermal activity signals for monitoring and predicting stress. *Journal of Medical Systems*, 1-9.
- Chong, W. W. (2021). A systematic review of coping strategies among working adults during COVID-19. . *Journal of occupational health*.
- Ciabattoni, L. F. (2020). A Stress Detection System based on Multimedia Input Peripherals. *International Conference on Consumer Electronics*, 1-2.
- Çakmakçı, E. &. (2019). Çakmakçı, E., & Uzun, A. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 169-175.
- De Castilho Pacheco, A. &. (2021). The impact of workplace stress on job satisfaction and organizational commitment: An empirical study. . *Journal of Business Research*.
- Demirel, R., & Demirel, D. Ş. (2022). Stres, Hayvan Sağlığı, Ürün Kalitesi ve Helal Gıda Üretim Süreci Arasındaki İlişkiler. *OKU Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 5(2)*, 1069-1081.
- Demirhan, E. &. (2021). Giyilebilir teknolojilerle stres ölçümü: Mevcut durum ve gelecek perspektifleri. . *Türk Nöroloji Dergisi*, 27(3), 197-202., 197-202.

- Didin, M., Yavuz, B., & Yazıcı, H. G. (2022). Covid-19'un Öğrencilerin Stres, Anksiyete, Depresyon, Korku Düzeylerine Etkisi: Sistematik Derleme. *Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar* 14(1), 38-45.
- Faruque, M. A. (2021). A machine learning-based approach for detecting stress using physiological signals. . *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*.
- Gao, L. Y. (2021). A review of wearable sensors and IoT-based systems for monitoring physiological signals and stress. . *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 741-759.
- Göktaş, A., & Buldukoğlu, K. (2022). Psikiyatri Hemşirelerinde Mesleki Stres ve İş Doyumu. *Akdeniz Hemşirelik Dergisi* 1(2), 63-70.
- Gülınar, E., & Çalışkan, N. (2022). Stres İnkontinans'ta Hemşirelik Yaklaşımı: Stres İnkontinans Bakım Protokolü. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi* , 308-318.
- Huss, E. &. (2021). Art therapy as a tool for stress management: Current research and recommendations. . *Arts in Psychotherapy*.
- İşcan, Ö. F.-6. (2020). Giyilebilir cihazlarla sağlık takibi: Stres, uyku ve kalp sağlığı. *Journal of Biotechnology and Strategic Health Research*, 59-68.
- Karaman, M. A. (2020). Stres Yönetiminde Dijitalleşme ve Giyilebilir Teknolojiler. . *Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi*, 62-68.
- Kim, H. &. (2020). Application of wearable devices for personalized health monitoring and management. *Healthcare Informatics Research*, 75-86.
- Kumar, A. &. (2021). (2021). Development of a smartphone-based system for stress detection using electrodermal activity. . *Journal of Medical Systems*, 1-11.
- L. Rachakonda, A. K. (2020). SaYoPillow: IoMT'de Uyku Alışkanlıklarını Dikkate Alan Stres Tespiti, Tahmini ve Kontrolü için Blockchain Destekli, Gizlilik Güvenceli Bir Çerçeve.
- Lan. Y-L., H. W.-T.-L.-J. (2020). The relationship between organizational climate, job stress, workplace burnout, and retention of pharmacists. *Journal of Occupational Health*, 1-9.
- Liu, C. H. (2021). Effects of exercise on stress resistance and stress-related disorders. . *Frontiers in psychiatry*.
- Lührmann, P. M. (2021). The impact of stress management interventions on work performance: A meta-analysis. *Journal of occupational health psychology*.
- Ma, Z. &. (2020). COVID-19 Pandemic and Mental Health Consequences: Systematic Review of the Current Evidence. Brain, Behavior, and Immunity, . *Brain, Behavior, and Immunity*, 531-542.
- Mattioli, F. G. (2021). The impact of job stressors on job satisfaction and organizational commitment among sport coaches: The mediating role of turnover intention. . *Psychology of Sport and Exercise*.
- Mou, L. Z. (2021). Driver Stress Detection via Multimodal Fusion Using Attention-based CNN-LSTM,. *Expert Systems with Applications* 114693.
- Özkan, İ. D. (2019). Giyilebilir teknolojiler ile stres ölçümü: Klinik uygulama örneği. *Türk Klinik Biyokimya Dergisi*, 31-39.

Özsezer, G., & Ataç, M. (2021). Sanal gerçeklik uygulamalarıyla mindfulness temelli stres azaltma programının hemşirelikte kullanımı. *Journal of Awareness Volume / Cilt: 6, Issue / Sayı: 3, E-ISSN: 2149-6544*, 123-131.

Park, S. &. (2021). Development of a wearable device for stress detection based on physiological signals. . *Sensors*.

R. K. Nath, H. T.-H. (2020). Gerçek Zamanlı Stres İzleme için Makine Öğrenimi Tabanlı Çözümler. *IEEE Consum. Electron. Mag.*, vol. 9, no. 5, pp. 34-41, 34-41.

Sağbaş, E. A., Korukoglu, S., & Balli, S. (2021). Akıllı Telefon Verileri ve Makine Öğrenmesi Yöntemleri Kullanılarak Stres Tespiti Çalışmaları Üzerine Bir Literatür Araştırması. . *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 1030-1038.

Sağbaş, E. A., Korukoglu, S., & Balli, S. (2021). Akıllı Telefon Verilerinden Stres Sınıflandırması İçin Bir Rasgele Alt Uzak Tabanlı Yaklaşım. *6th Conference on Computer Science and Engineering*, 78-81.

Sağbaş, E. K. (2020). Sağbaş, E.A., Korukoglu, S. aStress Detection via Keyboard Typing Behaviors by Using Smartphone Sensors and Machine Learning Techniques. . *Journal of Medical Systems*, 44(4):1.

Saka, O. D. (2019). Giyilebilir Sensörler ile Stres Ölçümü: Farklı Veri Özniteliklerinin Karşılaştırılması. . *Bilgi Teknolojileri ve Yazılım Mühendisliği Dergisi*, 102-114.

Salmon, P. (2021). The effects of exercise and physical activity on stress resilience and stress-related disorders. . *Journal of the Royal Society of Medicine*, 238-247.

Şahin, Ö. v. (2019). Biyometrik Verilerin Yapay Sinir Ağlarıyla Stres Ölçümüne Yönelik Bir Uygulama. . *Akademik Yaklaşımlar Dergisi*, 1-11.

YAPAY ZEKA DESTEKLİ İNSAN STRES TESPİTİ: K-NN, RFE VE MAKİNE ÖĞRENİMİ YÖNTEMLERİ İLE STRES SEVİYESİ TAHMİNİ

Hakan YÜKSEL

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, - 0000-0003-2186-533X

Miray TUNCEL

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, - 0000-0002-3376-6980

ÖZET

Stres, zaman içinde birikerek ve vücuttaki belirli işlevleri etkileyerek sağlık sorunlarına yol açabilecek birçok fizyolojik ve psikolojik semptomlara neden olabilmektedir. Uzun süreli stresin olumsuz etkilerini belirlemek ve tedavi etmek için, stres seviyelerinin düzenli olarak izlenmesi gerekmektedir. Uzun süreli takip ile birlikte stres düzeylerindeki değişimleri ve belirtileri daha doğru bir şekilde tanımlamak ve stresle başa çıkmak için daha etkili stratejiler geliştirebilmek mümkün hale gelmektedir. Son zamanlarda teknolojinin hızlı gelişimi ile yapay zekâ teknikleri de birçok alanda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Yapay zekâ teknikleri, mühendislik, eğitim, savunma sanayi gibi birçok alanda sıkça kullanılmaktadır. Özellikle sağlık sektöründe yapay zekanın kullanımı, stres seviyelerinin tespiti gibi önemli alanlarda büyük bir potansiyele sahiptir. Bu çalışmanın temel amacı, insanların stres seviyelerini ölçmek için kullandıkları mobil cihazlardan elde edilen verileri kullanarak, makine öğrenimi algoritmaları aracılığıyla stres seviyelerini tahmin etmektir. Bu amaç doğrultusunda, kaggle veri tabanından elde edilen insan stres tespiti veri seti kullanılmıştır. Bu veri setinde, stres seviyelerini ölçmek için kullanılan sensörlerden gelen veriler bulunmaktadır. Bu çalışmada, K-En Yakın Komşu (KNN) algoritması kullanılarak stres seviyesi tahmini gerçekleştirilmiştir. Model performansı, eğitim ve test veri setleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Model performansı değerlendirilirken, ortalama mutlak hata (MAE), ortalama karesel hata (MSE) ve R-kare (R-squared) ölçütleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, modelin MAE değeri 3.04, MSE değeri 16.49 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, KNN algoritması kullanılarak yapılan tahminlerin %98.7 doğrulukla gerçekleştirildiğini ve R-kare değerinin 0.68 olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, stres seviyesi tahmini yapmak için yapay zekâ tekniklerinin kullanılabileceğini ve sağlık sektöründe etkili bir araç olduğu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Stres, sağlıkta yapay zeka, makine öğrenmesi.

GİRİŞ

Günümüzde, hızlı tempolu yaşam tarzı nedeniyle insanlar sık sık zihinsel stres yaşamaktadır. Stres, kişinin zihinsel ve bedensel olarak baskı altına girmesine neden olan durumlar veya olaylar sonucu ortaya çıkabilmektedir. Her insanın stresle başa çıkma kapasitesi farklıdır, bu nedenle stresle başa çıkma yöntemleri de farklılık göstermektedir. Bazı durumlar bir kişide stres yaratabilirken, diğer kişilerde aynı durum stres yaratmamaktadır. Stresin tamamı kötü değildir, çünkü insanların dikkatini artırabilmekte ve hedeflerine daha fazla odaklanmalarını

sağlayabilmektedir. Stresör, bir bireyde stres yaratan bir olaydır. Birçok insan, çizelge 1'de açıklanan stresörler nedeniyle stresle karşı karşıya kalmaktadır.

Çizelge 1. Stresör Türü ve Örnekleri

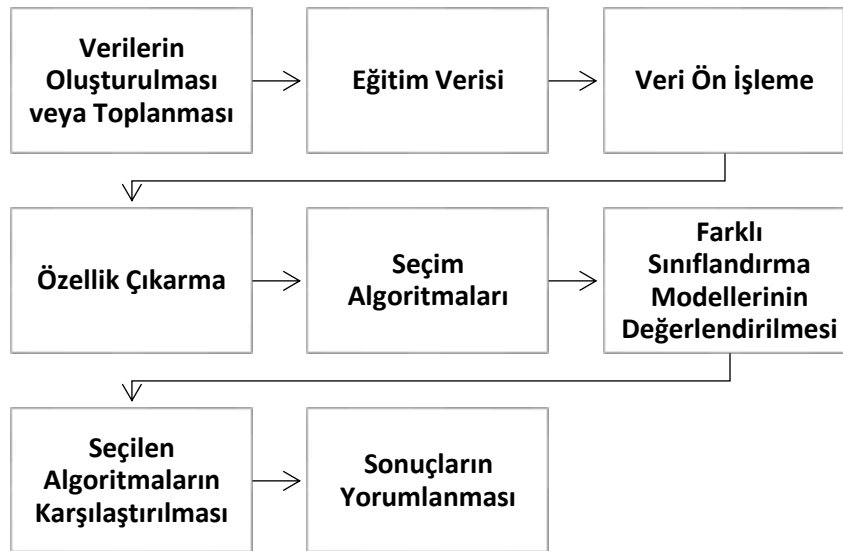
Stresör türü	Açıklama ve Örnekler
Fiziksel	Vücut üzerindeki baskı Örn: Yaralanma, hastalık, ağrı, seyahat, enfeksiyon
Psikolojik	Zihin için zorlayıcı olarak yorumlanan her şey Örn: Para sorunu, sınavlar, iş kaybı, aşırı endişe
Çevresel	Çevre ile ilişkili Örn: Gürültü, kalabalık, hava kalitesi, ışık, böcekler, sıcaklık değişimi, savaş ve felaket.
Psikososyal	Sosyal durum ile ilişkili Örn: Boşanma, istenmeyen ikamet değişikliği, uzun süreli hastalık, yüksek rekabetçi iş durumu.

Kronik stres, en zararlı stres türüdür ve tedavi edilmediği takdirde kişinin fiziksel ve ruhsal sağlığına zarar verebilmektedir. Kronik stres, uzun bir süre boyunca beden ve zihin üzerinde baskı yaratarak birçok belirtiyi neden olabilmekte ve bazı hastalıkların riskini artırabilmektedir. Stres belirtilerini tespit etmek için stres sürekli olarak takip edilmelidir. Giyilebilir sensörler, stresi izlemek için fırsatlar sunar ve insanları stres seviyeleri hakkında bilgilendirmektedir. Bu, stresin ciddi sağlık sorunlarına neden olmadan önce azaltılmasına yardımcı olabilmektedir. Fiziksel sağlık ve ruh sağlığı birbirleriyle yakından bağlantılıdır. Bu nedenle fizyolojik ve fiziksel değişikliklerin izlenmesi ve ölçülmesi insanların stres seviyesini belirlemek için kullanılabilir. Fiziksel ölçümler nabız hızı, cilt sıcaklığı, nem, kan basıncı ve solunum hızı gibi faktörleri içerirken, fizyolojik ölçümler kalp hızı, kalp hızı değişkenliği, cilt iletkenliği gibi faktörleri içermektedir. Bu ölçümler, düşük maliyetli giyilebilir cihazlar kullanılarak kolayca ölçülebilmektedir. Ayrıca, makine öğrenimi algoritmaları kullanılarak, bir kişinin stres seviyesi sınıflandırılabilir ve tahmin edilebilir. Makine öğrenimi, verilerden bilgi öğrenmek için hesaplama yöntemlerini kullanan bir alandır. Bu alanda, iki öğrenme tekniği bulunur: denetimsiz ve denetimli öğrenme. Denetimsiz öğrenmede, girdi verilerinin etiketlenmediği durumlarda, makine girdi verilerinde bir örüntü bulmaktadır. Bunun örnekleri arasında, girdi verilerini analiz ederek gizli örüntüleri bulan ve benzer sınıfları gruplandıran kümeleme tekniği bulunmaktadır. Denetimli öğrenmede ise, makine bilinen bir dizi girdi ve çıktı verisinden öğrenerek, etiketli verileri kullanarak tahmin modelini geliştirir ve eğitmektedir. Bu yaklaşımda, gelecekteki sürekli değerleri tahmin etmek için regresyon tekniği kullanılırken, ayrık ve kategorik değerleri tahmin etmek için sınıflandırma tekniği kullanılmaktadır. Bu makalede, K-NN, RFE ve makine öğrenimi yöntemlerini kullanarak insan stres seviyelerini tahmin etmek için bir model geliştirmektedir. K-en yakın komşu (KNN) yöntemi sınıflandırma işlemini farklı özellik değerleri arasındaki mesafeyi ölçerek yapmaktadır. RFE (Recursive Feature Elimination), makine öğrenimi modellerinde kullanılan bir özellik seçimi yöntemidir. Makine öğrenimi yöntemleri arasında, karar ağacı, destek vektör makineleri (SVM), ve rastgele orman gibi yöntemler de bulunmaktadır. Karar ağacı yöntemi, verileri bir ağaç yapısı şeklinde

temsil etmektedir ve sınıflandırma işlemini bu ağaç yapısı üzerinden gerçekleştirmektedir. Destek vektör makineleri, verileri bir hiper-düzlem üzerinde sınıflandırmaktadır ve sınıf etiketleri arasında maksimum marjını sağlamaya çalışmaktadır. Rastgele orman, birden fazla karar ağacının oluşturduğu bir orman şeklinde çalışmaktadır ve en iyi performansı sunan ağaçların seçilmesi ile sınıflandırma işlemini gerçekleştirmektedir. Bu yöntemler, stres tespitinde kullanılabilir ve veri setine göre farklı performanslar sergileyebilmektedir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmanın amacı, stres seviyelerini ölçmek için kullanılan mobil cihazlarda toplanan veriler ile stres seviyelerini tahmin etmek için makine öğrenimi algoritmalarını kullanmaktır. Kaggle platformunda açık erişimli olarak paylaşılan insan stres tespiti veri seti kullanılarak, stres seviyesini tahmin etmek için bir K-NN sınıflandırma modeli oluşturulmuştur. Yöntem olarak önce veriler toplanmaktadır ve ön işlemek kısmını yapılmaktadır. Daha sonra, sonuçları karşılaştırmak için iki farklı makine öğrenmesi algoritması kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmektedir.



Şekil 1. Stres Tespit Süreci İçin Akış Şeması

2.1. Veri Toplama

Makine öğrenimi modelini oluşturmak için Kaggle'da bulunan "Human Stress Detection" veri kümesi kullanılmaktadır. Bu veri kümesi, insanların stres seviyelerini belirlemek için kullanılan farklı testlerden elde edilen verileri içermektedir.

2.2. Veri Ön İşleme

Veri ön işleme adımı, veri kümesindeki eksik verileri doldurulmaktadır, gereksiz sütunları çıkarılmaktadır ve veriler ölçeklendirilmektedir. Ham veri kümesi, güvenilir olmayan, yanlış

ve kusurlu verileri kaldırmak için RapidMiner ile veri ön işleme yöntemi kullanılarak temizlenmektedir. Bu işlem eksik veya alakasız verileri tanımlar ve bunları değiştirir veya silmektedir. RapidMiner aracında, hangi niteliklerin en çok etkilendiğini belirlemek için nitelikler sıralanmaktadır.

2.3. Sınıflandırma

Önceden işlenmiş veriler RapidMiner veri madenciliği aracı kullanılarak kategorize edilir ve değerlendirilmektedir. Giriş veri setini saklamak için bir csv dosya formatı kullanılmaktadır. Kullanılan veri seti eğitim verileri ve test verileri olmak üzere iki kategoriye ayrılmaktadır. RapidMiner veri madenciliği aracı kullanılarak tahminleri oluşturmak için farklı algoritmalar kullanılmıştır. Model insanların stres seviyelerini hedef alacak şekilde geliştirilmektedir. İki algoritmanın tamamı birleştirilmekte ve en yüksek doğruluk seviyesini gösteren algoritma seçilmektedir. Veri sınıflandırma modellerinin performansı, çeşitli ölçütlere göre değerlendirilmektedir. Bu ölçütler arasında hassasiyet, doğruluk ve özgünlük gibi kavramlar yer almaktadır. Bu kavramların tanımları şu şekildedir:

Hassasiyet (Tespit Doğruluğu): Tespit doğruluğu, duyarlılık olarak da adlandırılmaktadır. TP/Yanlış Negatif Oranı da hassasiyetin bir ölçüsüdür (FN). Hassasiyet, modelin pozitif olarak sınıflandırdığı gerçek pozitif veri noktalarının toplam gerçek pozitif veri noktalarına oranını ifade eder ve aşağıdaki denklemle hesaplanmaktadır:

$$\text{Hassasiyet} = \text{TP} / (\text{TP} + \text{FN})$$

Doğruluk: Doğruluk, modelin doğru tahminlerinin tüm tahminlere oranını ifade etmektedir. Doğru pozitiflerin sayısı ile gerçek negatiflerin sayısının çarpımının, toplam veri noktalarının sayısına bölümüyle hesaplanmaktadır ve aşağıdaki denklemle ifade edilmektedir:

$$\text{Doğruluk} = (\text{TP} + \text{TN}) / (\text{TN} + \text{FP} + \text{TP} + \text{FN})$$

Özgünlük: Özgünlük, negatif olarak sınıflandırılan gerçek negatif veri noktalarının toplam gerçek negatif veri noktalarına oranını ifade etmektedir. Modelin aşağıdaki denklemde yer alan değişkenleri doğru bir şekilde tanımlama kapasitesi bu özgünlük seviyesi ile tanımlanmaktadır.

$$\text{Özgünlük} = \text{TN} / (\text{TN} + \text{FP})$$

KNN algoritması kullanılarak yapılan stres seviyesi tahminlerinin doğruluğu aşağıdaki gibidir:

Hassasiyet (precision): 0.99

Doğruluk (accuracy): 0.97

Özgünlük (specificity): 0.95

Bu ölçümler, modelin veri setindeki stres seviyelerini yüksek bir doğrulukla tahmin ettiğini göstermektedir. KNN algoritmasının veri kümesinde iyi performans gösterdiği söylenebilmektedir.

2.4. Model Oluşturma

Bir makine öğrenmesi modelini eğitmek için ilk adımda makine öğrenmesi algoritmasını seçilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada K-NN, RFE ve makine öğrenimi yöntemlerini kullanarak bir model oluşturulmaktadır. K-NN (K-Nearest Neighbors), sınıflandırma ve regresyon problemlerini çözmek için kullanılan bir algoritmadır. K-NN, yeni bir veri noktasının hangi sınıfa ait olduğunu belirlemek için etrafındaki K sayısı kadar en yakın komşusuna bakmaktadır ve çoğunluk sınıfına göre sınıflandırma yapmaktadır. RFE (Recursive Feature

Elimination) yöntemi, özellik seçimi için bir yöntemdir. Bu yöntem, özelliklerin önem sıralamasına göre bir sınıflandırma algoritması kullanarak özellikleri birer birer elemektedir. Bu işlem, en az önemli özellikleri çıkararak modelin performansını artırmayı hedeflemektedir. RFE yöntemi, özellik sayısı çok yüksek olan veri setlerinde, model performansını artırmak için sıklıkla kullanılan bir tekniktir. Makine öğrenimi yöntemleri, genellikle büyük veri kümeleri için kullanılmaktadır ve tahminlerde bulunmak için kullanılan doğrusal veya doğrusal olmayan modeller oluşturmaktadır.

MAE değeri 3.04, MSE değeri 16.49, KNN algoritması kullanılarak yapılan tahminlerin %98 doğrulukla gerçekleştirildiği ve R-kare değerinin 0.68 olduğu sonuçlarını şu şekilde yorumlanmaktadır:

MAE değeri, stres seviyesi tahminlerinde yapılan ortalama hatanın 3.04 olduğunu göstermektedir.

MSE değeri, stres seviyesi tahminlerinde yapılan ortalama kare hatanın 16.49 olduğunu göstermektedir.

KNN algoritması kullanılarak yapılan tahminlerin %98 doğrulukla gerçekleştirilmesi, modelin stres seviyesi tahminlerinde oldukça başarılı olduğunu göstermektedir.

R-kare değeri 0.68 olarak hesaplanmıştır. Bu, modelin veri setindeki değişkenliğin %68'ini açıkladığını göstermektedir.



Şekil 2. Isı Haritası

Heatmap, her özellik çiftinin korelasyonunu görselleştirmek için kullanılmaktadır. Bu korelasyonlar, her özellik çifti için -1 ile 1 arasında bir değer almaktadır. Daha yüksek bir korelasyon, daha parlak bir renk ile gösterilmektedir. Bu özel görsel, veriler arasındaki korelasyonları kolayca anlamak için kullanışlıdır. Özellikle, "Stress Level" özelliğinin diğer özelliklerle nasıl ilişkili olduğunu ve veri setinde hangi özelliklerin daha güçlü bir şekilde birbirleriyle ilişkili olduğunu görmemize yardımcı olabilmektedir.

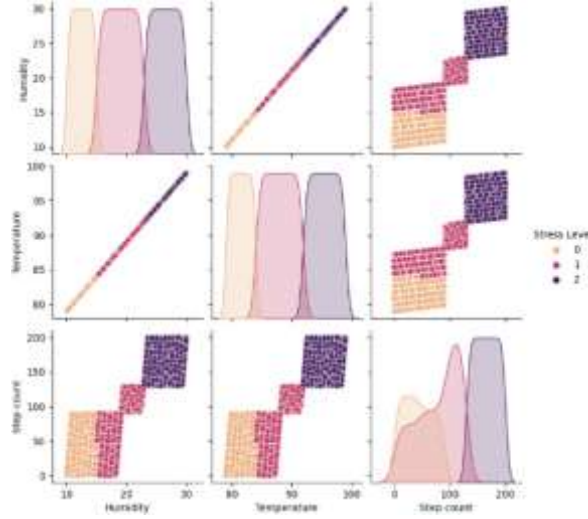
Nem (Humidity) ve Sıcaklık (Temperature) arasında güçlü bir pozitif korelasyon vardır, bu da nemin artmasıyla sıcaklığın da arttığını göstermektedir.

Adım sayısı (Step count) ve Stres seviyesi (Stress Level) arasında negatif bir korelasyon vardır, bu da adım sayısının artmasıyla stres seviyesinin azaldığını gösterir.

Nem (Humidity) ve Stres seviyesi (Stress Level) arasında zayıf bir pozitif korelasyon vardır, bu da nemin artmasıyla stres seviyesinin de hafifçe arttığını göstermektedir.

Sıcaklık (Temperature) ve Stres seviyesi (Stress Level) arasında zayıf bir pozitif korelasyon vardır, bu da sıcaklığın artmasıyla stres seviyesinin de hafifçe arttığını göstermektedir.

Bu özelliklerin korelasyonları, veri setindeki değişkenler arasındaki ilişkileri anlamak için önemlidir. Humidity, Temperature ve Step count özellikleri, her bir diğer özellikle pozitif yönde ilişkili olduğu için sıcaklık ve nem arttıkça, adım sayısı da artmaktadır. Ayrıca, stres düzeyi ile de pozitif yönde bir ilişki vardır, yani stres düzeyi arttıkça, diğer özellikler de artma eğilimindedir.



Şekil 3. Çift Değişkenli Dağılım Grafiği

Veri setindeki değişkenler arasındaki ilişkileri görselleştirmek için bir çift çizelge (pair plot) oluşturulmaktadır. Hue parametresi, renk kodlamasını hangi sütuna göre yapacağını belirlemektedir, burada "Stress Level" sütununa göre yapılmaktadır. Çift çizelgedeki her bir hücre, veri setindeki iki değişken arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Diagonal hücreler, her bir değişkenin histogramını gösterirken, diğer hücrelerde noktaların dağılımı gösterilmektedir. Görseldeki noktalar, veri noktalarını temsil eder ve renkleri stres seviyesini göstermektedir. Bu görselde, stres seviyesi düştükçe adım sayısında artış olduğu, ancak sıcaklık ve nemle belirgin bir ilişki olmadığı görülmektedir. Ayrıca, stres seviyesi ile diğer değişkenler arasında da belirli bir ilişki gözlemlenmemektedir.

Her iki grafiğe de göre, stres düzeyi ile en yüksek pozitif korelasyon adım sayısı ile görülmektedir. Ayrıca, sıcaklık ve nem de stres düzeyi ile pozitif korelasyon göstermektedir. Bununla birlikte, diğer özellikler arasındaki ilişkiler daha az belirgin veya zayıf korelasyon göstermektedir. Özetle, her iki grafiğe de göre, stres düzeyi ile adım sayısı, sıcaklık ve nem arasında pozitif bir ilişki olduğu görülmektedir. Ancak, diğer özellikler arasındaki ilişkiler daha az belirgin veya zayıf korelasyon göstermektedir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Çalışma, öncelikle veri seti hakkında önemli bilgileri içeren bir veri keşfi (exploratory data analysis) aşaması ile başlamaktadır. Daha sonra, veri seti ön işleme adımları gerçekleştirilmektedir, aykırı değerler gibi problemler çözülmektedir. Veriler belirli bir formata dönüştürülmektedir. İlk olarak, veri setindeki değişkenlerin stres seviyeleri üzerindeki etkilerini belirlemek için özellik seçimi (feature selection) işlemi uygulanır. Bu işlemde, Recursive Feature Elimination (RFE) algoritması kullanılmaktadır. Daha sonra, KNeighborsClassifier()

kullanarak k-NN sınıflandırması için bir pipeline oluşturulmaktadır. Pipeline, fit() yöntemi kullanılarak eğitilmektedir ve accuracy_score() yöntemi ile tahminlerin doğruluğu ölçülmektedir. Elde edilen sonuçlara göre, accuracy_score() yöntemi ile hesaplanan doğruluk ölçütü (accuracy_score(y_test, pipeline.predict(X_test))) 0.986688851 olarak elde edilmektedir. Bu sonuç, modelin test veri setinde doğru sınıflandırma oranının %98.7 olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, modelin insan stres seviyelerini tahmin etmek için oldukça başarılı olduğunu göstermektedir. Ancak, modelin performansını daha da iyileştirmek için farklı özellik seçimi yöntemleri veya farklı makine öğrenimi algoritmalarının kullanılması gibi daha ileri çalışmalar yapılabilir. Çalışma, insan stres seviyelerinin tespiti için basit ama etkili bir makine öğrenimi modeli geliştirmeyi amaçlamıştır ve bu amaç doğrultusunda başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

4. SONUÇ

Günümüzde stresin erken tespiti ve etkili bir şekilde yönetilmesi, bireylerin zihinsel ve fiziksel sağlığı açısından son derece önemlidir. Bu amaçla, birçok araştırmacı, giyilebilir cihazlar kullanarak stres seviyesini ölçmek için fizyolojik veri sinyalleri toplama yöntemleri üzerinde çalışmalar yapmaktadır. Bu çalışmaların sonuçları, fizyolojik sinyallerin giyilebilir sensörler yardımıyla bireyin stresini tespit etmek için kullanılabileceğini ve makine öğrenimi algoritmalarının etkili ve uygun maliyetli olduğunu göstermektedir. K-En Yakın Komşu (KNN) ve Recursive Feature Elimination (RFE) yöntemlerini kullanarak insan stres seviyelerini tahmin etmek için bir makine öğrenimi modeli oluşturulmaktadır. Veri kümesindeki çeşitli faktörlerin (yaş, cinsiyet, fiziksel aktivite düzeyi vb.) stres seviyesini nasıl etkilediğini incelenmektedir. KNN algoritması ile yapılan tahminlerin %98.7 doğrulukla gerçekleştirildiği sonucuna varılmaktadır. Bu sonuçlar, insan stres seviyelerinin tahmin edilmesinde yapay zeka destekli yöntemlerin kullanımının potansiyelini göstermektedir. Bu çalışma, özellik seçimi gibi ön işleme tekniklerinin, makine öğrenimi tabanlı stres tespitinde önemli bir rol oynayabileceğini göstermektedir. Bu proje ayrıca seaborn kütüphanesinin pairplot() fonksiyonunu kullanarak veri kümesindeki değişkenler arasındaki ilişkileri görselleştirmektedir. Bu görselleştirme, verilerin daha iyi anlaşılmasına yardımcı olabilmektedir. Sonuç olarak, bu Kaggle projesi insan stres seviyelerinin tahmin edilmesinde yapay zeka destekli yöntemlerin kullanımının potansiyelini göstermektedir. Bu alanda daha fazla araştırma yapılması gerektiğini vurgulamaktadır. Sonuç olarak, stresin ölçülmesi ve yönetimi için giyilebilir cihazlar ve makine öğrenimi algoritmaları gibi teknolojik yaklaşımların kullanımı son derece faydalı olduğu görülmektedir. Ancak, bu teknolojilerin geliştirilmesi ve daha geniş bir kitleye erişilebilir hale getirilmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. Bu tekniklerin kullanımı, sağlık sektöründe stresle ilgili sağlık sorunları yaşayan kişilere yardımcı olmak için etkili bir araç olarak kullanılabilmektedir. Ayrıca, stres seviyesinin tahmini, bir kişinin stresle başa çıkma becerilerini geliştirmesine ve olası sağlık sorunlarını önlemesine de yardımcı olmaktadır.

KAYNAKÇA

Altunışık, R., Coşkun, R., Bayraktaroğlu, S., & Yıldırım, E. (2004). *Sosyal bilimlerde araştırma yöntemleri SPSS uygulamalı*. Adapazarı: Sakarya Yayınevi.

Atlee Fernandes, R. H., Lokesh, R., Tari, T., & Shahapurkar, A. V. (2014). Determination of Stress using Blood Pressure and Galvanic Skin Response. *Electronics and Telecommunication Department, Shree Rayeshwar Institute of Engineering and Information Technology, Shivshail-Karai, Shiroda, Goa, India.*

Aydın, Ş. (2004). Örgütsel stres yönetimi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 49-74.

Besler, K. (2010). İnsan Biyogeribesleme Sistemi. *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.*

Beyaz, A. (2015). Traktörde güvenlik amaçlı galvanik deri tepkisi sensörü kullanım olanaklarının belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 121-125.

Elahi, M. T., & Islam, I. B. (2019). Galvanic Skin Response signal based Cognitive Load classification using Machine Learning classifier. *Department of Electrical and Electronic Engineering Khulna University of Engineering & Technology Khulna-9203, Bangladesh.*

Georgia Tech Wearable Motherboard . (2023, 03 04). <https://www.gtwm.gatech.edu/> adresinden alındı

Gökdeniz, İ. (2005). Üretim sektöründeki işçilerin örgüt içi stres kaynakları ve mobilyacılık sektöründe bir uygulama. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 163-172.

Infineon Technology Semiconductor Systems. (2015, 12 10). <https://www.infineon.com/> adresinden alındı

Johnson, A. (2005). A short guide to action research. Boston: Pearson Education.

Massachusetts Intitute of Technology esearch laboratory press. (2015, 07 17). <https://www.media.mit.edu/galvactivator/faq.html> adresinden alındı

Mills, G. (2003). Action research: A guide for the teacher researcher. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall.

Smart Textie Projects Mainland High School. (2016, 02 16). <http://mainland.cett.org/istf2009/ExistingSmartFabricProjects.asp> adresinden alındı

Tang, T. B., Yeo, L. W., & Lau, D. J. (2023). Activity Awareness Can Improve Continuous Stress Detection in Galvanic Skin Response. *Electrical and Electronic Engineering Department Universiti Teknologi PETRONAS.*

Thomas, D. (2003). A general inductive approach for qualitative data analysis.

V.J.Madhuri, R.Mohan, M., & Kaavya.R. (2013). Stress Management Using Artificial Intelligence. *Department of Electronics And Communication Engineering, Sri Venkateswara College Of Engineering, Anna University Post bag #3,Pennalur, Sriperambudur, TamilNadu India,Pin-600105.*

KLİNİK TIPTA YABANCILAŞMA SORUNU

Doç. Dr. Şahin EFİL

İnönü Üniversitesi,– 0000-0001-9666-3092

ÖZET

Klasik tıp tarihine bakıldığında yabancılaşma gibi bir sorunun olmadığı görülür. Bu noktada istisna teşkil eden ve yabancılaşma sorununa yakın görünen bir anlayışa ilk dikkat çeken isimler İbn Sina ve Mevlana’dır. Ancak tıpta yabancılaşmanın temel bir sorun haline gelmesi, tıbbın bilimsel bir disiplin olarak bağımsızlığını kazanmaya başladığı modern dönemde gerçekleşmiştir. Bu bağlamda bilim ve teknikteki gelişmeler, logosentrizm, aşırı uzmanlaşma ve mutlak bilimsellik arzusu gibi hususlar, tıpta yabancılaşma soruna yol açmış ve bu sorunu daha ileri boyutlara taşımıştır. Böylece yabancılaşma sorununa hastalığın kendisi kadar klinik tıbbın hastanın hayat dünyasını paranteze alan sorunlu bakış tarzı da neden olmaktadır. Burada bir yandan hasta, kendi benliğine, hekime, klinik ortama ve süreçlere, bir yandan da hekim hastaya yabancılaşmaktadır. Hastanın insan olduğunu unutan hekime onun insan olduğunu yeniden hatırlatacak ve yabancılaşma sorunuyla onu yüzleştirecek olan şey, felsefe veya tıp felsefesidir.

Anahtar Kelimeler: Yabancılaşma, tıp, felsefe, hasta ve hastalık.

THE PROBLEM OF ALIENATION IN CLINICAL MEDICINE

ABSTRACT

When we look at the history of classical medicine, it is seen that there is no such problem as alienation. At this point, Ibn Sina and Mevlana are the first names to draw attention to an understanding that makes an exception and seems close to the problem of alienation. However, alienation in medicine became a fundamental problem in the modern period when medicine began to gain its independence as a scientific discipline. This context, issues such as developments in science and technique, logocentrism, excessive specialization and the desire for absolute scientificity have led to the problem of alienation in medicine and have carried this problem further. Thus, the problem of alienation is caused by the problematic view of clinical medicine that parentheses the patient's life world as much as the disease itself. Here, on the one hand, the patient is alienated from his own self, the physician, the clinical environment and processes, and on the other hand, the physician is alienated from the patient. is philosophy or

the philosophy of medicine that will remind him that he is human again the physician who forgets that the patient is human and that will face him with the problem of alienation.

Keywords: Alienation, medicine, philosophy, the patient and disease.

GİRİŞ

Her ne kadar tarihî bakımdan tıp ile felsefe arasında sıkı bir ilişki olsa da onlar sırasıyla *ayrışma*, *yabancılaşma* ve *yakınlaşma* gibi süreçlerden geçmiş görünmektedir (Kızıltan&Brömer, 2018: 22). Tıbbın klasik dönemden modern zamanlara değin felsefeyle güçlü ve derin bir ilişki içinde olduğu bilinmektedir. Klasik tıp tarihine bakıldığında genel olarak tıp ile felsefe arasında *ayrışma* ve *yabancılaşma* gibi sorunların olmadığı görülmektedir. Ancak bunların bir sorun olarak kendini ele vermeye başlaması, daha ziyade tıbbın bilimsel bir disiplin olarak bağımsızlığını kazanmaya başladığı modern dönemde gerçekleşmiştir. Burada tıp ile felsefe arasında önce ayrışma ve ardından da yabancılaşma süreci başlamıştır. Buna göre tıp, felsefeyle bütün bağlarını kopardıktan sonra ayrışma ve yabancılaşma gibi hadiseler birbirini izlemiş, tıp için artık felsefe anlamsız ve önemsiz bir gerçekliğe dönüşmüştür. ‘*Yakınlaşma*’dan kasıt, modern tıbbın gerisinde yatan felsefelerle yakınlaşma ise burada zaten ciddi bir sorun var demektir. Zira mevcut tıbbın temel sorunlarının gerisinde bu felsefelerin yattığı rahatlıkla söylenebilir. Kanaatimiz odur ki, bugün tıp-felsefe ilişkisinin temel karakteristiğini yakınlaşmadan ziyade *yabancılaşma* sorunu teşkil etmektedir. Her ne kadar onlar arasında bugün bir yakınlaşmadan söz edilse de biraz daha yakından bakıldığında gerçekte burada ciddi bir yakınlaşma söz konusu değildir. Diğer bir deyişle az da olsa tıp-felsefe ilişkisini konu alan çalışmalar, bu iki disiplin arasında bir yakınlaşma varmış gibi bir izlenime yol açsa da bu çalışmaların sonuçları tıp alanına pratik olarak yansımamıştır. Daha da önemlisi, pozitivist ve dualist felsefeler, hala klinik tıbbın gerisinde bulunmaya, teori ve pratiği ile birlikte onu bir bütün olarak derinden etkilemeye ve belirlemeye devam etmektedir. Kısacası bugünün dünyasında tıp-felsefe ilişkisini belirleyen ve yönlendiren temel karakteristik yakınlaşmadan ziyade yabancılaşma gibi görünmektedir.

İbn Sina, klasik tıpta kafes-kuş metaforundan hareketle ‘*ayrılık hastalığı*’na (duygusal ızdırıp) ve bu hastalığın yol açtığı yabancılaşma sorununa veya buna oldukça yakın görünen bir anlayışa ilk dikkat çeken filozof-hekimdir. Ayrılık hastalığı ile yabancılaşma sorunu arasında sebep-sonuç ilişkisi olduğu fark edilmektedir. Bu hastalık, Hz. Âdem ve Havva’nın ‘yasak meyve’yi yemesi sonucunda cennetten bu dünyaya düşmesi neticesinde açığa çıkmıştır. Bu metafora göre insan kendisine ait olmayan bir dünyada bir kafese mahkûm edilmiş ve özgürlüğünü yitirmiştir. Burada ruh kuşu, beden ise kafesi temsil etmektedir. İnsan, ölünceye değin beden (bu dünya)

kafesinde ayrılık hastalığı ile acı çekmekte ve hasretle özgürlüğüne kavuşacağı günü beklemektedir. Bu anlatıda cennet, insanın aşına olduğu ve asla yabancılik çekmeyeceği bir yere işaret ederken, dünya ve beden ise daha çok insan için yabancı ve ona ait olmayan bir mekânı temsil etmektedir. Burada ayrılık hastalığının ve onun yol açtığı yabancılaşmanın temel nedeni, insanın ana yurdundan (cennet) ayrılmak zorunda kalması ve gerçekte kendisinin ait olmadığı bir dünyaya (gurbet, beden, madde) düşmesidir (İbn Sina, 2010: 325-334). Böylece İbn Sina için yabancılaşma (ayrılık hastalığı) insanın Tanrı'dan ve ana yurdundan (cennet) ayrı düşmesi, bu dünyaya gönderilmesi neticesinde açığa çıkmış olan ciddi bir sorundur. Daha sonra aynı soruna ney metaforundan hareketle Mevlâna da işaret etmiştir. Mesnevî'nin ilk dizelerinde şiirsel bir dille ayrılık hastalığı ve onun bir uzantısı olan yabancılaşma şu şekilde ifade edilmiştir:

Dinle, bu ney nasıl şikâyet ediyor.

Ayrılıkları nasıl anlatıyor?

Beni kamışlıktan kestiklerinden beri,

Feryadından erkek, kadın herkes ağlayıp inledi.

Ayrılıktan parça parça olmuş,

Kalp isterim ki, iştihak derdini açayım.

Aslından uzak düşen kişi,

Yine vuslat zamanını arar (Mevlâna, I, 1991:1).

İnsanoğlu doğadan, doğallıktan ve doğruluktan kopmuş, Tanrı'dan uzaklaşmış ve ayrı düşmüştür. *Ayrılık hastalığı* bu kopuştan ileri gelmektedir. İnsanın doğadan ve Tanrı'dan uzaklaşması, benliğin bencilleşmesine ve parçalanmasına neden olmaktadır (Sayar, 2008: 39). Ayrılık hastalığı, İbn Sina ve Mevlana'da yabancılaşma sorununa dönüşmüş yahut önemli bir hastalık olarak kendini ele vermiştir. Bu hastalık, bildiğimiz anlamda tıbbî bir hastalığa değil, daha ziyade mistik ve teolojik boyutları olan bir gerçekliğe işaret etmektedir. Peki bu hastalığın tedavisi nedir ve onun neden olduğu yabancılaşma sorunu nasıl aşılabılır? Hemen belirtelim ki, bunun için insan hem ayrılık hastalığı hem de kendi benliği ile yüzleşmek zorundadır. Çünkü “benlik, zaaf ve yanılgılarla malul olduğu için insanın onunla yüzleşmesi kaçınılmaz bir durumdur. Aksi takdirde ayrılık hastalığı açığa çıkacak, bu hastalık da insanı kendi benliğine, ötekine, doğaya ve Tanrı'ya karşı yabancılaştıracaktır” (Efil, 2021: 439).

Teorik ve pratik tıp alanında “bilgi ve teknolojinin gelişimi, insan sağlığında ve yaşamında, özellikle yaşam kalitesinde belirgin iyileşmeler sağlamıştır... İnsan sağlığında iyileşme sağlayan bu değerler, en üst derecede övgü ve takdire lâyıktır” (Bozbuğa, 2021: 36). Ancak bu gelişmeler, tıbbî alana olumlu katkılar yapmasına rağmen ironik bir biçimde beraberinde ciddi

sorunlar da getirmektedir. Bu alanda gerçekleşen bilimsel ve teknolojik gelişmeler, ne hekim ile hasta arasındaki ilişkinin olumlu yönde gelişmesine katkıda bulunmakta ne de insanî tecrübenin paylaşılmasını arttırmaktadır. Tam tersine söz konusu gelişmeler, onlar arasına gittikçe daha kalın duvarlar örmeye devam etmektedir (Ulukütük, 2020:108). Örneğin bir yandan bilim ve tekniğin imkanları çerçevesinde giderek daha farklı ve daha gelişmiş tıbbî aletlerin icat edilmesi hastalıkların teşhis ve tedavisini kolaylaştırırken, bir yandan da onların ‘doktorun eli’nin yerini alması, doktor-hasta ilişkisinde sıcak temasın yitirilmesine ve onların giderek birbirine yabancılaşmasına yol açmaktadır. Çünkü

Bilim ve teknoloji, hasta ve hekimin birbirine yabancılaşmasına neden olabilmektedir. Böyle bir durumda hekim, amaç olarak kendisini hastalığı tedavi etmekle sınırlamakta, tanı ve tedavi ile görevini yerine getirdiğini düşünmekte ve bu konuda da teknolojiye güvenmektedir. Oysa hekimin temel amacı sadece hastalığı tanımak ve tedavi etmekle sınırlı kalmamalı, aynı zamanda hastayı anlamak ve hastanın sorununu çözmek de olmalıdır (Atıcı, 2007: 95).

Hem hastanın hastalığını tanımak ve tedavi etmek hem de onu anlamaya çalışmak mekanik değil, tamamıyla insanî bir eylemdir. Özellikle hastayı anlama çabası tıbbî aletlerle değil, bir insan olarak doktorun kişisel çabasını gerektirmektedir. Söz konusu aletler doktora tanı ve tedavide belli bir imkan sunsa da son çözümlemede hastanın anlaşılması ve sorununun çözülmesi doktorun tıbbî bilgi ve deneyimi yanında onun hastayla kuracağı (dokunma ve güven) insanî ilişki belirleyici olacaktır. Oysa burada hastaya doktorun eli değil, tıbbî aletler dokunmakta, gerçek elin yerini *mekanik el* almaktadır. Böylece bu aletler, büyük ölçüde doktorun yerini almaya ve onun yaptığı şeyleri yapmaya devam etmektedir. Ne var ki, gerçekte *doktorun eli* ile tıbbî aletler arasında büyük bir fark vardır. Doktorun eli hastaya ne kadar sık dokunursa, doktor-hasta arasındaki ilişki o kadar sağlıklı ve güçlü olur. Tıbbî aletler, nicelik ve nitelik bakımından arttıkça hasta-hekim arasındaki ilişki o kadar deformasyona uğrar ve yabancılaşma kaçınılmaz bir soruna dönüşür. Buna göre modern tıpta artık genelde doktor susarken, tıbbî aletler konuşmakta ve dinamik hale gelmektedir. Tıbbî aletler geliştikçe ve tıbbın birçok alanında rolleri arttıkça buna paralel olarak doktor da hasta üzerindeki etkinliğini, özne olma durumunu ve hastanın güvenini giderek yitirmektedir. Bu durumda doktor, hastaya ya gittikçe daha az dokunmakta ya da hiç dokunmamaktadır. Böylece doktor-hasta arasındaki kalın duvarlar örülmemekte, samimiyet ve güvene dayalı olan sıcak ilişki kopmakta, onlar birbirinin gözünde ötekileşen varlıklara dönüşmektedir. Dolayısıyla tıbbî aletlerin rolünün giderek artması, hastanın kendi benliğine, hekime, tıbb ve hastane ortamına, hekimin ise

hastaya yabancılaşmasına yol açmaktadır. Genelde yabancılaşma sorununun tıpta iki şekilde açığa çıktığı söylenebilir: Modern tıpta ve toplumlarda rahatsızlık durumunda hasta insan iki farklı yabancılaşma sorununu aynı anda yaşamaya başlamaktadır. Birincisi... insanın kendi bedenine ve bedeninden hareketle gördüğü dünyaya yabancılaşmasıdır... İkincisi, modern klinik tıbbın tıp fiziği perspektifi içinde hastalık-rahatsızlık, hasta-hastalık, hasta-doktor şeklinde ayırımlarla hastanın hayat dünyasını parantez içine alarak onu kendi bedenine, hastalığına, doktora, hastaneye, klinik muayene ortamlarına ve tedavi süreçlerine vb. yabancılaştırmasıdır (Tatar, 2014:148-149).

Kısacası tıpta yabancılaşma sorununa bir yandan hastalığın kendisi, bir yandan da klinik tıbbın hastanın hayat dünyasını parenteze alan sorunlu bakış tarzı neden olmaktadır. Burada açığa çıkan yabancılaşma sorununu daha açık ve daha anlaşılabilir hale getirmekte yarar vardır. Doğrudan doğruya hastalığın kendisi gibi klinik tıp da insanda yabancılaşma sorununa yol açmaktadır. Hastalığın yabancılaşma sorunuyla ilişkisi klinikte olabileceği gibi kliniğin dışında da gerçekleşmektedir. Burada akla gelen soru şudur: Hastalık esnasında insanın kendi bedenine ve oradan hareketle gördüğü dünyaya yabancılaşmasının gerisinde ne gibi nedenler vardır? Nasıl oluyor da hastalık insanı kendi bedenine bile yabancılaştırabilmektedir?

Hastalıkla birlikte, hastanın kendine yabancılaşması, her zamanki normal deneyimden uzaklaşarak, bedenini kendisi dışındaki bir şey gibi, kendisi olmayan bir şey olarak algılaması ile yeni bir deneyim yaşıyor olmasından kaynaklanır. Hastalık deneyimi... hastanın hareket ve etkileşim alanında değişiklik yaratırken, zamansallığını ve mekânsallığını da farklılaştırır (Tuğşat, 2022:149).

Özellikle kronik ve ölümcül hastalıklar söz konusu olduğunda insanın kendi bedeni kadar bedeninden hareketle gördüğü dünyaya, orada olup biten hadiseler ve varlıklara yabancılaşması kaçınılmaz bir durumdur. “Hasta beden, hastalığı içeriden deneyimleyen ve daha önceki yaşam deneyimlerinin bozulmasını kendinde yaşayan bedendir. Bu anlamda hasta beden, kendine yabancılaşan bedendir. Hekimin yaptığı şey, kendine ve hasta bedenine yabancılaşmış olan hastanın deneyiminden hastayı soyutlayarak biyolojik süreçlerle ilgilenmektir” (Tuğşat, 2022:158). Oysa hekimin bu tutumu, hastanın kendi benliğine, hekime ve klinik ortama daha çok yabancılaşmasıyla sonuçlanmaktadır. Burada belki hekimin yapması gereken şey, hastanın ve hastalığın biyolojik süreçleri kadar onun ontolojik süreçlerine de dikkat kesilmek ve özellikle hastanın hastalık tecrübesine odaklanmaktır. Çünkü “hasta bedenin fenomenolojisi, soyut bir nesnel gerçekliğin öznel bir açıklaması değil, hastanın deneyiminin gerçekliğinin temsidir” (Tuğşat, 2022:158).

Ancak yabancılaşmanın ortaya çıkmasında rol oynayan bir diğer neden, daha çok klinik tıbbın hasta, hastalık, rahatsızlık, doktor-hasta ilişkisi gibi hususlarda açığa çıkan sorunlu bakış tarzıdır. Burada dualist felsefenin etkisi çok daha açık bir biçimde kendini ele vermektedir. İnsan yer kaplayan bir varlığa indirgendiği zaman artık o varlık ölçülebilir ve hesaplanabilir bir varlığa dönüşmektedir. Bu durumda bedeni fizikî ve mekanik bir varlık olarak tasavvur etmek, insan onurunu çiğnemek demektir (Çakmak, 2014: 64). Çünkü insanı *insan* yapan şey, sadece maddî bedeni değil, aynı zamanda onun ruh, akıl, irade, karakter sahibi bir varlık olması, yaşadığı gerilimler ve umutlarıdır. “Klinik tablo...sadece yatakta hasta bir adamın fotoğrafı değildir; evinin, işinin, ilişkilerinin, arkadaşlarının, sevinçlerinin, üzüntülerinin, umutlarının ve korkularının çevrelediği izlenimci bir tablodur” (Strong, 2012: 117-136; Tuğşat, 2022: 24-25’den naklen). Ancak burada sadece hasta değil, doktor da yabancılaşmaya maruz kalmaktadır. Beden, daha ziyade insanın benliğini temsil eder ve doğrudan onun kendi varlığına işaret eder. Beden nerede ise insan da oradadır. O nedenle insan dünyayı bedeninin durduğu yerden hareketle algılar ve yorumlar. Bu durumda kendi bedenine, bir bakıma benliğine şu veya bu biçimde yabancılaşan bir insanın diğer insanlara ve içinde yaşadığı dünyaya yabancılaşması kaçınılmaz bir durumdur.

Yabancılaşma sorununun gerisinde yatan nedenlerden bir diğeri de modern tıbbın logosentrik bir paradigma öngörüsüyle hareket etmesidir.

Tıbbın modern anlamda geldiği noktada logosentrik bir düşünme biçimine sahip olması ve bunun hastaya empoze edilmesi, dışlayıcı bir mantığı beraberinde getirmektedir. Böylece bu dışlayıcılık ile modern tıp, hasta-hastalık-hekim arasındaki ilişkide hastalığın, hastanın önünde yer almasına neden olan yapıyla bir yabancılaşmayı içermektedir. Hiç şüphesiz bu yabancılaşma, hekimin ihtiyaç duyduğu teknolojik ekipmanın, bahsedilen bilimsel gelişimlere paralel olarak gelişmiş olması ve pozitivist paradigmanın bilimsel nesnellik ve kesinlik adına evrensel ve zorunlu bilgi düşüncesinin teknolojiye kazandırdığı ivme sayesinde aşırı uzmanlaşmanın kaçınılmaz olması ile doğrudan ilgilidir (Tuğşat, 2022:23).

Logosentrizm, pozitivism, dualizm, aşırı uzmanlaşma, bilim ve teknikteki gelişmeler, tıpta yabancılaşma soruna yol açmış ve bu sorunu güçlendirmiş ve çok daha ileri boyutlara taşımıştır. Bununla birlikte Heidegger’in yabancılaşma sorununu ele alış biçimi konumuzun bir başka noktasına ışık tutacak niteliktedir. Heidegger, her şeyden önce, yabancılaşma meselesini ontolojik bir sorun olarak görür. *Dasein* olarak insan, herkes gibi yaşamaya ve herkesin yaptığı şeyleri yapmaya başladığında otantikliğini yitirir. Çünkü bu durumda insanlar arasındaki kişisel farklılıklar ve ayırıcı nitelikler ortadan kalkar. Böylece yabancılaşma sorunu kendi varlığını ifşa

etmeye başlar. Heidegger için yabancılaşma, her şeyden önce insanların birbirine benzemesine ve otantik olmama durumuna işaret eder (Heidegger, 2008: 134, 136, 188). Klinik tıbbın her hastayı katı bilimsel kriterlere tabi tutması, hastayı ve onun tecrübe ettiği hastalığı aynılaştırmakta ve hastayı otantik varlığından koparmaktadır. Böylece hasta benliğine, hastalığına, hekime, hastaneye ve tıbbî süreçlere yabancılaşmaktadır. Oysa gerçekte hastanın bir ‘*hasta*’ olarak kendi varlığını tecrübe etmesi ve algılama biçimi, sağlık ve hastalığa bakış tarzı genel olarak tıp bilimine ve bu bilimin yöntemine ve ölçüm aletlerine direnç göstermektedir. Hastanın tikelliği (öznelliği) kendini tümel olarak ele veren özne-nesne ontolojisi içinde kaybolmakta ve anlamını yitirmektedir. Hastanın öznelliği ile modern tıbbın katı nesnellik (bilimsellik) arzusu arasında daima bir gerilim veya ikilem yaşanmaktadır. Bu gerilim, açığa çıkan yabancılaşmanın en önemli göstergelerinden biridir. Tıp biliminin mutlak nesnellik arzusu ile hastanın otantikliği gibi hususları aynı cümle içinde kullanmak bile ciddi bir çelişkidir. Zira burada olayın bir kanadında mutlak nesnellik, diğer kanadında ise öznellik bulunmaktadır. Mutlak nesnelliğin olduğu yerde öznellikten, öznelliğin öne çıktığı yerde de mutlak nesnellikten söz edilemez. Bu şekilde nesnellik öznelliğe, öznellik de katı nesnelliğe tahakküm etmeye başlar. Ancak klinik tıpta karşımıza çıkan temel husus, mutlak nesnelliğin öznelliğe tahakküm etmesi ve onun varlığını tehdit etmesi veya yok etmesidir. Böylece mutlak nesnellik arzusu, logosentrik bir mantığı temsil etmektedir.

Burada karşımıza çıkan en kritik soru şudur: İnsanın (hasta) *insan* olduğunu unutan tıp bilimine veya hekime onun insan olduğunu yeniden hatırlatacak ve yabancılaşma sorunuyla onu yüzleştirecek olan şey nedir? Bize göre bu sorunun cevabı tıp felsefesinde saklıdır. Çünkü bu felsefenin “asıl rolü, hastalık (rahatsızlık) durumunda insanın kendi bedenine, topluma ve dünyasına yabancılaşma sorunu karşısında anlam sürekliliğinin sağlanması için bir *reflektif bilinç* geliştirmesidir” (Tatar, 2014:148). Bu bilincin kritik tarafı, kendine dönebilmesi, bir bilinç varlığı olarak kendi benliğini ve düşüncelerini sık sık sorgulayabilmesidir. Bu yüzden, reflektif bilinç, çeşitli şekillerde klinik tıpta açığa çıkan yabancılaşma sorunu karşısında daima teyakkuz halinde olan ve *anlam sürekliliğini sağlayan* bir bilinçtir. Bu bakımdan bu bilinç oldukça kritik görünmektedir. Klinik tıpta açığa çıkan yabancılaşma sorunuyla hekimin nasıl yüzleşeceği ve bu sorunun aşılmasında nasıl bir rol oynayacağı hususuna biraz daha açıklık getirmek yararlı olacaktır. Şöyle ki,

Tıp hermenötiğinin kendisini ‘sağlık konuşur’ şeklinde dillendirdiğimiz bir metafor ekseninde konumlandırma çabası, bu sebeple yabancılaşma sorunu içinde hastanın anlam dünyasının kesintiye uğramasını engellemeye matuftur. Modern klinik tıp, felsefi olarak söylersek, kendisini ‘süreksizlik’ ya da ‘kesinti’ olarak sunmakta ve hasta insanı bu

kesinti ya da süreksizlik sorununa maruz bırakmaktadır. Hayatın anlamının kesintiye uğraması, hastanın kendisini normalde ait olmadığı bir ortamda bulması, bu ortam içinde kendi sorunlarına yabancılaştırılması, ister istemez tıp hermenötiğinin modern klinik tıp anlayışına ciddi eleştiriler ve öneriler getirme imkanını da oluşturmaktadır (Tatar, 2014:149).

Tıp hermenötiği için geçerli olan bu hususlar, önemli ölçüde tıbbın temel sorunlarına odaklanan felsefe veya tıp felsefesi için de geçerli görünmektedir. Klinik tıp, hastanın anlam dünyasıyla ilgilenmemekle birlikte anlam akışını kesintiye uğratan bir karakteristiğe sahiptir. Böylece o, hayatın anlamını ve hastanın anlam dünyasını askıya alarak hastayı kendi benliğine ve içinde yaşadığı dünyaya yabancılaştırmaktadır. Klinik tıbbın kendini bir kesinti (süreksizlik) olarak sunmasına karşın tıp felsefesi ise tam tersine bu kesintiyi bertaraf etme ve anlam akışını dinamik bir biçimde sağlama imkanına sahiptir. Daha doğrusu, tıp felsefesi hastanın anlam dünyasını, doktorun hastaya ve diğer tıbbî sorunlara karşı bakış tarzını güncellemek suretiyle onları kendi benlikleriyle ve hayatla barıştırmakta, yüzleştirmekte ve yabancılaşma riskine karşı hasta ve doktoru teyakkuza geçirmektedir. Böylece reflektif bilince sahip olan doktor ve hasta, doktor-hasta ilişkisinde yabancılaşma sorunu yaşamaması oldukça zayıf bir olasılıktır.

SONUÇ

Klasik tıp tarihine bakıldığında yabancılaşma gibi bir sorunun olmadığı görülür. Bu noktada istisna teşkil eden ve yabancılaşma sorununa yakın görünen bir anlayışa ilk dikkat çeken isimler İbn Sina ve Mevlana'dır. Ancak tıpta yabancılaşmanın temel bir sorun haline gelmesi, tıbbın bilimsel bir disiplin olarak bağımsızlığını kazanmaya başladığı modern dönemde gerçekleşmiştir. Bu bağlamda bilim ve teknikteki gelişmeler, logosentrizm, aşırı uzmanlaşma ve mutlak bilimsellik arzusu gibi hususlar tıpta yabancılaşma soruna yol açmış ve bu sorunu daha ileri boyutlara taşımıştır. Klinik tıp, hem hastanın anlam dünyasıyla ilgilenmemekte hem de anlam akışını kesintiye uğratan bir karakteristiğe sahip olmaktadır. Buna göre tıp, hastayı sürekli kesinti (süreksizlik) sorununa maruz bırakarak yabancılaşmayı kaçınılmaz hale getirmektedir. Kısacası yabancılaşma sorununa hastalığın kendisi kadar klinik tıbbın hastanın hayat dünyasını parenteze alan sorunlu bakış tarzı da neden olmaktadır. Burada bir yandan hasta, kendi benliğine, hekime, klinik ortama ve süreçlere, bir yandan da hekim hastaya yabancılaşmaktadır.

Hastanın insan olduğunu unutan hekime onun 'insan' olduğunu yeniden hatırlatacak ve yabancılaşma sorunuyla onu yüzleştirecek olan şey, felsefe veya tıp felsefesidir. Bu felsefenin temel rolü, tıpta açığa çıkan yabancılaşma sorunu karşısında anlam sürekliliğinin sağlanması

için reflektif bir bilinç geliştirmektir. Reflektif bilinç, çeşitli şekillerde klinik tıpta kendini ele veren yabancılaşma sorunu karşısında daima teyakkuz halinde olan ve anlam sürekliliğinin sağlanmasına imkan veren bir bilinçtir. Bu bilincin kritik tarafı, kendine dönebilmesi, bir bilinç varlığı olarak kendi benliğini ve düşüncelerini sık sık sorgulayabilmesidir. Böylece tıp felsefesi, bu kesintiye bertaraf etme, anlam akışını dinamik hale getirme ve hekimi yabancılaşma sorunuyla yüzleştirme gibi kritik imkanlara sahiptir.

KAYNAKÇA

- Atıcı, E. (2007). Hasta-Hekim İlişisini Etkileyen Unsurlar. *Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*. (33/2).
- Bozbuğa, M. (2021) Tıp Praksisinin Felsefî Temellendirilmesi. *İstanbul Üniversitesi*. (Doktora Tezi). İstanbul.
- Çakmak, C. (2014). Felsefe ve Tıp Üzerine. *Hayat Sağlık Dergisi*. (62).
- Efil, Ş. (2021). Sufî Tıbbına İlişkin Bazı Tıbbî, Kültürel ve Felsefî Notlar. *Uluslararası Anadolu Tıbbî ve Aromatik Bitkiler Kongresi*. Malatya, 433-441.
- Güzeloğlu, T. (2022). 20. Yüzyıl Tıp Tarihinde Hasta-Hekim İlişisinin Fenomenolojik Analizi. *Uludağ Üniversitesi*. (Doktora Tezi). Bursa.
- Kızıltan, H. & Brömer, R.(2018). Tıp Felsefesinin Geçmişi, Bugünü ve Geleceği. *Hekimin Filozof Hali*. İstanbul: İthaki Yayınları.
- Heidegger, M. (2008). *Varlık ve Zaman*. (K.H. Ökten, Çev.). İstanbul: Agora Kitaplığı.
- İbn Sina. (2010). Ruh Kasîdesi. *İslam Filozoflarından Felsefe Metinleri*. (M. Kaya, Çev.). Klasik Yayınları, 325-334.
- Mevlâna, (1991. *Mesnevî*. (V.İzbudak, Çev.). İstanbul: Millî Eğitim Bakanlığı Yayınları. I
- Sayar, K. (2008). Geçmişin Bilgeliği Bugünün Psikoterapisiyle Buluşabilir mi? *Sufî Psikolojisi*. (K. Sayar, Çev.). İstanbul: Timaş Yayınları.
- Strong, C. (2012). Medicine and Philosophy: The Coming Together of an Odd Couple. *The Development of Bioethics in the United States, Philosophy and Medicine* 115, 117-136.
- Tatar, B. (2014). *Din, İlim ve Sanatta Hermenötik*. İstanbul: İsam Yayınları.
- Ulukütük, M. (2020). Tıp Hermenötiği: Beden, Hasatlık ve Tedavinin Yorumlanması. *Gök Medrese İlahiyat Araştırmaları* 7. (Eyücel&İ. Kaya, Ed.). Ankara: Sonçağ Akademi Yayınları, 87-112.

FİKOSİYANİN ÜRETİMİNİN MİKSOTROFİK KÜLTİVASYONLA İNCELENMESİ¹

Yüksek Lisans Öğrencisi Merve KAVUT¹

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya/Biyokimya ABD Buca-İzmir,
- ORCID ID-0009-0007-7556-3827

Prof.Dr. Raziye ÖZTÜRK ÜREK²

²Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Biyokimya ABD Buca-İzmir,
- ORCID ID-0000-0002-7147-6853

Siyanobakteriler, fototrofik-prokaryotik yapıda sucul organizmalar olup gram-negatif bakterilerde olduğu gibi peptidoglikan içeren hücre duvarlarına sahiptirler. *Arthrospira platensis* yüksek alkali pH düzeylerinde yaşayabilen, çevresel adaptasyon yeteneği yüksek mavi-yeşil yenilebilir bir siyanobakteridir ve pek çok vitamin, mineral ve biyoaktif bileşen kaynağıdır. Bu bileşenlerden fikosiyanın toksik olmayan, suda çözünür pigment-protein yapısıyla gıda, kozmetik, farmasötik, tıbbi ve endüstriyel uygulamalarda kullanımı artmaktadır. *A. platensis* 'den fikosiyanın yüksek verimlilikte ve ekonomik üretimi açısından kültürasyon koşullarının düzenlenmesinde özellikle mikсотrofik kültürasyon ön plana çıkmaktadır. Daha düşük ışık şiddetinde organik karbon kaynakları varlığında mikсотrofik, karanlık ortamda ise heterotrofik kültürasyon gerçekleştirilmektedir. Fototrofik ve heterotrofik kültürasyonun birleşimi olan mikсотrofi, karbon kaynağı olarak hem organik hem de inorganik karbon kullanılabilir. Bu çalışmada, *A. platensis* M2 suşunun mikсотrofik kültürasyonu karbon kaynağı olarak biyodizel yan ürünü olan ham ve teknik gliserol ile azot kaynağı olarak NaNO₃ varlığında gerçekleştirilerek maksimum fikosiyanın içeriğinin elde edildiği derişimlerinin belirlenmesi hedeflenmektedir. Bu amaçla 1; 2,5; 5 mM ham gliserol içeren ortamlarda mikсотrofik kültürasyon, inkübasyon periyoduna bağlı olarak gerçekleştirilmiş ve en yüksek üretim 1mM derişimde 15. günde 3,75±0,12 mg/g olarak belirlenmiştir. Aynı derişimli teknik gliserol varlığında ise maksimum fikosiyanın üretimi 1,85±0,15 mg/g olarak daha düşük bir değerde elde edilmiştir. 1mM ham gliserol varlığında NaNO₃'ın 0; 10; 29,4 mM derişimlerinin fikosiyanın üretimine etkisi incelendiğinde doymuş NaNO₃ varlığında en yüksek değeri tayin edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre ham gliserol varlığında ekonomik fikosiyanın üretimi, atık bir malzemenin katma değerli biyoaktif bir ürüne biyodönüşümünün bir örneğini oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Arthrospira platensis*, fikosiyanın, mikсотrofi

¹ Bu çalışma Dokuz Eylül Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FYL-2022-2890 numaralı proje ile desteklenmiştir.

INVESTIGATION OF THE PRODUCTION OF PHYCOCYANIN BY MIXOTROPHIC CULTIVATION²

ABSTRACT

Cyanobacteria are phototrophic-prokaryotic aquatic organisms with cell walls containing peptidoglycan, as in gram-negative bacteria. *Arthrospira platensis* is a blue-green edible cyanobacteria that can survive at high alkaline pH levels, has high environmental adaptability, and is a source of many vitamins, minerals and bioactive compounds. Among these components, phycocyanin is being used in food, cosmetics, pharmaceutical, medical and industrial applications with its non-toxic, water-soluble pigment-protein structure. In terms of high efficiency and economic production of phycocyanin from *A. platensis*, especially mixotrophic cultivation comes to the fore in the regulation of cultivation conditions. Mixotrophic cultivation is carried out in the presence of organic carbon sources at lower light intensity, and heterotrophic cultivation is carried out in a environment without light. Mixotrophy, which is a combination of phototrophic and heterotrophic cultivation, can use both organic and inorganic carbon as a carbon source. In this study, it is aimed to determine the concentrations at which maximum phycocyanin content is obtained by performing mixotrophic cultivation of *A. platensis* M2 strain with NaNO_3 as a nitrogen source and in the presence of crude and technical glycerols, by-product of biodiesel as carbon source. For this purpose mixotrophic cultivation was carried out in media containing 1; 2.5; 5 mM crude glycerol, depending on the incubation period, and the highest production was determined as 3.75 ± 0.12 mg/g on the 15th day at 1mM concentration. In the presence of technical glycerol with the same concentration, the maximum phycocyanin production was obtained at a lower value as 1.85 ± 0.15 mg/g. In the presence of 1mM crude glycerol, when the effect of 0, 10; 29.4 mM concentrations of NaNO_3 on phycocyanin production was examined, the highest value was determined in the presence of saturated NaNO_3 . According to the obtained results, economic phycocyanin production in the presence of crude glycerol is an example of the bioconversion of a waste material into a value-added bioactive product.

Keywords: *Arthrospira platensis*, phycocyanin, mixotrophy

GİRİŞ

Siyanobakteriler sucul ortamdaki besin zincirinin temel bir bileşeni olup fotosentetik aktivitelerinden dolayı bulundukları habitatın oksijen açısından zenginleşmesi ile azot fiksasyonu özelliğine sahip olan türleri sayesinde (*Anabeana*, *Nostoc* gibi) de azot döngüsüne büyük katkı sağlamaktadırlar (Reis vd., 1998). Total primer üreticiliğin yarıdan daha fazlasına katkı sağlayan siyanobakteriler; klorofil a, karotenoidler, fikobiliproteinler gibi önemli pigmentleri içeren ve güneş ışığını enerji kaynağı olarak kullanan fotosentetik, aerobik ve prokaryotik bakteriler olup hücre duvarları gram negatif bakterilerle benzerlik gösteren peptidoglikan yapısına sahiptirler (Guschina ve Harwood, 2006). İçerdikleri koyu yeşil-mavi

² This study was supported by the Scientific Research Projects Coordination Unit of Dokuz Eylül University with the project number FYL-2022-2890.

pigmentler nedeniyle mavi-yeşil algler olarak da bilinirler. Genellikle tatlı sularda, göllerde ve nehirlerde bulundukları gibi tuzlu sularda da yaşayabilirler (Vincent, 2009). Ayrıca, siyanobakterileri diğer tüm prokaryotlardan ayıran başlıca fizyolojik/biyokimyasal özellikleri, H_2O 'nun fotoredüktan olarak kullanılması ve sonucunda O_2 'nin serbest kalmasına izin veren ikili fotosistemle çalışabilmesidir (Castenholz, 2015).

Siyanobakteriler tıbbi ve fonksiyonel gıda özelliklerine sahip biyoaktif maddeler ve fikobiliproteinlerin üreticileri olarak son yıllarda çalışmaların odak noktasını oluşturmaktadır (Kovaç vd., 2017). *A. platensis*; filamentli, çok hücreli bir yapıda olan, acılık-tuzluluk, yüksek pH gibi özelliklere sahip ekstrem sucul ortam koşullarında yaşamını sürdürebilen adaptasyon yeteneği yüksek siyanobakteriyel bir türdür. İçerdiği esansiyel yağ asitleri, aminoasitler ve fikosiyanın gibi biyoaktif bileşenlerce zengin bir kaynak olup Dünya Sağlık Örgütü tarafından “Dünya’daki en iyi süper gıdalardan biri” olarak tanımlanmıştır (Khan vd., 2005). Dünya nüfusu 2019’da 7,67 milyar olarak belirlenmişken bu sayının 2050 yılında 9,7 milyar olması beklenmekte olup *A. platensis*, hızlı nüfus artışı, iklim değişikliği, doğal kaynakların kirletilmesi, hammaddenin azalması gibi durumlarda alternatif bir besin kaynağı olarak ön plana çıkmaktadır (Jung vd., 2021). Ayrıca, yüksek büyüme hızına sahip, tarım arazilerine gerek duymadan yetiştirilen ve besin değeri açısından zengin bir gıda olması nedeniyle hayvan yemi olarak da kullanım imkânı bulmaktadır (Ghosh vd., 2015).

Tilakoid membranının dış yüzeyindeki fikobilizomlarda bulunan pigment-protein kompleksleri olarak “bilin”ler, lineer tetrapirel prostetik grupları olan fikobiliproteinlere sahiptirler. Çözünür proteinin %60’ını oluşturan fikobiliproteinler ise fikosiyanın, allofikosiyanın, fikoeritrin ve fikoeritrosiyaninden meydana gelmektedir (Kovaç vd., 2017; Yu vd., 2017). Siyanobakterilerin çoğu hücrelere karakteristik mavi-yeşil rengini veren fikosiyanın ve allofikosiyanın içermektedir. Fikosiyanın (C-PC) 620 nm’de turuncu, allofikosiyanın (APC) 652 nm’de kırmızı, fikoeritrin (PE) 562 nm’de sarı-yeşil, fikoeritrosiyanın (C-PEC) ise 571 nm’deki sarı ışığı absorplama kapasitesindedir. Organizmaların içerdiği fikobiliproteinler, organizma türü ve çevresel koşullara bağlı olarak değişim göstermektedir (Chu, 2012). Mikroalgler, beslenme ve enerji ihtiyaçlarını fototrofik koşullarda karşılayabilen organizmalar olup mikroalglerin biyokimyasal bileşimi, yüksek konsantrasyonlarda hedef biyometaboliti üretmeye teşvik etmede kültür koşullarının ve çevresel stresin değiştirilmesiyle manipüle edilebilir (da Silva vd., 2016).

Kullanılan büyüme ortamı, üretimde en büyük maliyet bileşenini oluşturmaktadır (Taufiqurrahmi vd., 2017). Mikroalgal pigment üretimi, su veya deniz biyoteknolojisi olarak da adlandırılan mavi biyoteknoloji alanının önemli araştırmalarından olup doğal pigmentlerin farklı alanlarda kullanımına olanak sağlamaktadır. Dolayısıyla doğal pigmentlere artan talep nedeniyle pigment eldesi için mikroalg üretimi teşvik edilmektedir. (Ghosh vd., 2015). Bununla birlikte C-PC’nin endüstriyel, tıbbi ve ticari pazarlarda büyük bir potansiyeli bulunmakta olup pazar değerinin yıllık 100 milyon \$ civarında olduğu bilinmektedir. Ayrıca, 2027 yılındaki global pazar payının ise 245,5 milyon \$ olması tahmin edilmektedir (Ashaolu vd., 2021).

A. platensis’in içerdiği biyoaktif bileşenlerden C-PC’in yüksek verimlilikte ve ekonomik üretimi açısından üretim koşullarının düzenlenmesi büyük önem arz etmektedir. *A. platensis*’in üretim maliyeti, aynı zamanda C-PC’in üretim, ekstraksiyon ve izolasyon maliyetlerine de bağlıdır (Nistico vd., 2022). Günümüzde, güncel araştırma konularından biri ekonomik C-PC üretimi olup bu amaçla özellikle mikсотrofik kültürasyon ön plana çıkmaktadır. Daha düşük

ışık şiddetinde organik karbon kaynakları varlığında mikсотrofik, karanlık ortamda ise heterotrofik kültürasyon gerçekleştirilmektedir (Chojnacka and Marquez-Rocha, 2004). Mikсотrofi, fototrofi ve heterotrofinin birleşimi olup karbon kaynağı olarak hem organik hem de inorganik karbon kullanılabilir. Bu kültürasyonda, organik karbondan elde edilen enerji, hücre sentezinde kullanılırken, ışık enerjisinden dönüştürülen kimyasal enerji ise depolanmaktadır (Kim vd., 2013). Mikсотrofik kültürasyon, önceki kültürasyon metotlarından kaynaklanan sınırlamaların üstesinden gelmek ve aynı zamanda yüksek büyüme oranını ve biyokimyasal akümülayonu teşvik etmek için geliştirilmiş iyi bir alternatif yöntemdir (Meng vd., 2020). Bu nedenle sunulan çalışmada, mikсотrofik kültürasyonla *A. platensis* M2 suşundan ekonomik C-PC üretiminin artırılması amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

2.1-Mikroalg Üretim Koşulları

A. platensis M2 (Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Türkiye'den temin edilmiştir) kültürünün devamlılığının sağlanmasında Zarrouk ortamı kullanıldı (Zarrouk, 1966). Bu amaçla, büyüme ortamı pH'ı 9,0'a ayarlandı ve 30°C'de, 2500 lüks (30 $\mu\text{mol foton/ m}^2\cdot\text{sn}$) ışık şiddeti varlığında steril hava beslemesi (hava basma makinesi ile, 1vvm) ile gerçekleştirildi.

2.2-Mikroalg Büyüme Ortamının Maksimum C-PC Üretimi İçin Düzenlenmesi

Mikсотrofik kültürasyon amacıyla 1;2,5;5 mM aralığında değişen farklı derişimlerde biyodizel üretiminin yan ürününü olan ham ve teknik saflıklardaki gliserol (DB Tarımsal Enerji, 2021), karbon kaynağı; NaNO_3 ise azot kaynağı olarak kullanıldı. C-PC üretimine azot yokluğu, azot açlığı ve doymun azot derişimi etkisi incelendi. Kesikli kültürasyon, 100 rpm'de 100 mL büyüme ortamı ile 250 mL Erlenmayer içinde inkübasyon periyoduna bağlı olarak 30°C'de başlangıç $\text{OD}_{600} = 0,200$ olacak şekilde aşılama yapılarak gerçekleştirildi. Mikсотrofik kültürlerde sürekli ışık için beyaz floresan lambalar ($1500 \text{ lux} = 20,25 \mu\text{mol foton/ m}^2 \text{ s}^{-2}$) kullanıldı.

İnkübasyon periyodu boyunca kültür ortamlarından alınan örneklerde büyüme eğrilerinin izlenebilmesi için optik yoğunlukları (600 nm) belirlendi. Ham/teknik gliserol varlığında C-PC üretiminin incelenmesi sonrasında karbon kaynağı ve derişimine karar verildikten sonra 0;10;29,4 mM NaNO_3 derişimine bağımlı C-PC üretimi incelendi.

Mikroalgal ham ekstrenin hazırlanması: Santrifüj ile toplanan *A. platensis* hücreleri, 20 mM, pH 7,0 fosfat tamponu ile 1 dak 8000 rpm ve 1 dak 9500 rpm'de homojenize edildikten sonra santrifüj ile (12000 rpm, 10 dak, 4°C) ayrılan üst faz, fikobiliprotein ve total protein içeriğinin analizinde kullanıldı (Esen ve Öztürk Ürek, 2014; Esen ve Öztürk Ürek, 2015).

C-PC içeriği ve saflığı, hazırlanan ham ekstraktın 620 ve 652 nm'de spektrofotometrik ölçümleri yapılarak aşağıdaki formüllere göre belirlendi (Tarko vd., 2012);

$$\text{C-PC} = [(A_{620} - 0,474 \times A_{652}) / 5,34] / \text{g ağırlık (C-PC, mg/g)}$$

$$\text{C-PC ekstrakt saflığı} = A_{620} / A_{280}$$

Hazırlanan mikroalgal ham ekstrenin protein miktar tayini 595 nm'de Bradford yöntemi ile gerçekleştirildi. Standart olarak sığır serum albümini kullanıldı (Bradford, 1976).

Ayrıca, klorofil ve toplam karotenoid analizinde, santrifüj ile toplanan hücreler %95'lik etanolde süspanse edildikten sonra toplam 2 dak homojenizasyonun ardından 12000 rpm'de 15 dak santrifüjlendi. Süpernatant absorpsiyonlarının 470, 664,2 ve 648,6 nm'de ölçümü gerçekleştirildikten sonra aşağıdaki formüller kullanılarak klorofil ve total karotenoid miktarları hesaplanacaktır (Lichtenthaler ve Wellburn, 1983).

$$\text{Chl a} = (13,36 \times A_{664,2}) - (5,19 \times A_{648,6})$$

$$\text{Chl b} = (27,43 \times A_{648,6}) - (8,12 \times A_{664,2})$$

$$\text{Toplam Karotenoid} = [(1000 \times A_{470}) - (2,13 \times \text{Chl a}) - 97,64 \times \text{Chl b}] / 209$$

(Chl a: klorofil a, Chl b: klorofil b)

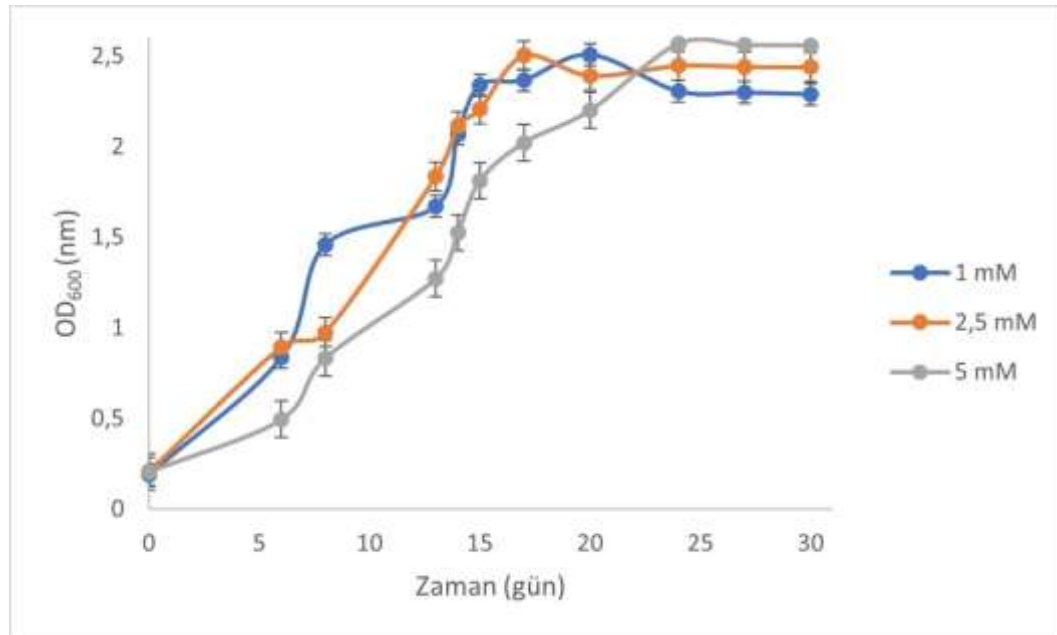
2.3- İstatistiksel Analiz

Tüm istatistiksel analizler, 3 farklı deneyde elde edilen veriler için Tukey test kullanılarak gerçekleştirildi.

SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

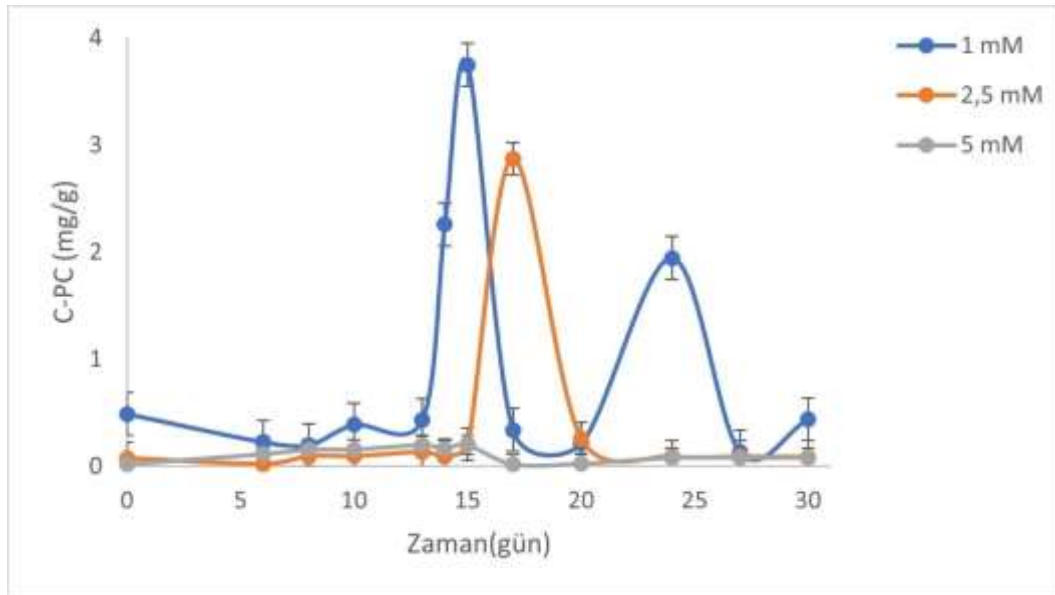
Genel olarak, mikroalgler fototrofik kültürasyonla üretilmekte olup fotosentetik metabolik yolda enerji kaynağı olarak ışığı ve karbon kaynağı olarak CO₂'yi kullanırlar (Gonzalez-Toril ve Pereto', 2011). Bu kültürasyon türü kolay uygulanabilir bir yöntem olması ve ekstra karbon kaynağına ihtiyaç duymamasına rağmen kültür ortamındaki sınırlı ışık penetrasyonu sebebiyle yüksek yoğunluklu mikroalg biyokütlesine ulaşılması zordur (Hamza vd., 2013, Kovač vd., 2017). Fototrofik kültürlerde yaşanan bu sorunun çözümü olarak heterotrofik ve mikсотrofik kültürler ön plana çıkmıştır. Heterotrofik kültürlerde, ışık yokluğunda karbohidratlar, organik asitler gibi organik karbon kaynakları kullanılarak mikroalg üretimi gerçekleştirilmektedir (Chen vd., 2011). Bu kültürasyon türü yüksek biyokütle üretimi sağlar. Bunlara ek olarak, ışık ve eksternal karbon kaynağının bulunduğu ortamlarda gerçekleştirilen mikсотrofik kültürlerde, mikroalgal hücre değişiminin, hacimsel verimliliğin arttığı, fotoinhibisyon etkisinin ise azaldığı belirlenmiştir (Chojnacka ve Noworyta, 2004; Hamza vd., 2013).

Gerçekleştirilen çalışmada; ham gliserol karbon kaynağına bağlı OD₆₀₀ değerleri Görsel 1 de görülmektedir. Ham gliserol değişimine bağımlı C-PC üretimi incelendiğinde 1 mM ham gliserol varlığında en iyi C-PC, 15.günde 3,75±0,12 mg/g olarak bulundu (Görsel 2 ve Çizelge 1). Ham gliserolün değişimi arttıkça C-PC üretiminin azaldığı gözlemlendiğinden gliserol konsantrasyonu 1 mM olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda; 1 mM teknik gliserol varlığında kültürasyon gerçekleştirildiğinde ham gliserolle karşılaştırıldığında en iyi C-PC değeri ise ham gliserol varlığında elde edilenin %49'u civarında belirlenmiştir (p<0.05).



Görsel 1. Değişen değişimlerde ham gliserol varlığında mikсотrofik kültürasyonda inkübasyon periyoduna bağlı *A. platensis* büyüme eğrileri

Ham gliserol derişimine bağı büyüme eğrileri incelendiğinde; derişim arttıkça stasyoner faza kadar düşük trendde olduğu, stasyoner fazda ise derişime bağı paralel bir seyir izlediği görülmektedir.



Görsel 2. Değişen derişimlerde ham gliserol varlığında mikotrofik kültürasyonda inkübasyon periyoduna bağı C-PC üretimi

Çizelge 1. Değişen derişimlerde ham gliserol varlığında mikotrofik kültürasyonda üretilen maksimum C-PC içerikleri

Derişim	1 mM	2,5 mM	5 mM
Gün	15	17	17
Maksimum miktar (mg/g)	3,750±0,12	2,870±0,17	0,197±0,01

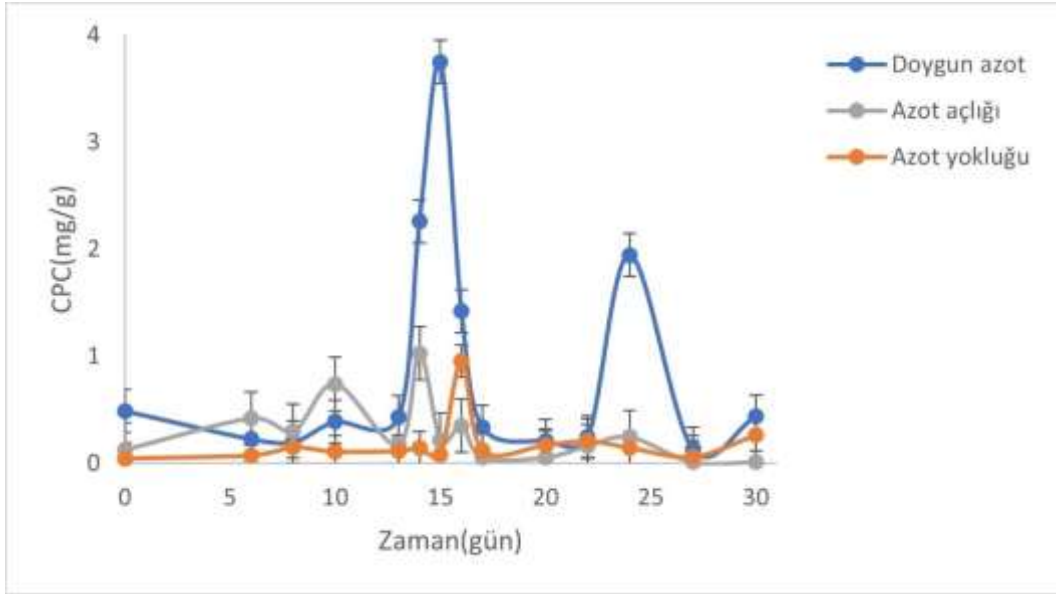
Değişen ham gliserol derişimlerinde *A. platensis* in mikotrofik kültürasyonda total protein miktarları incelendiğinde en yüksek üretim 1 mM da inkübasyonun 15. gününde belirlenmiştir ($p<0.05$) (Çizelge 2). Ayrıca, ham gliserol derişimi arttıkça ileri inkübasyon günlerinde daha düşük düzeylerde maksimum protein düzeyleri tayin edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar da C-PC üretimiyle benzerlik göstermektedir. Ayrıca en iyi C-PC değerinin elde edildiği 1 mM teknik gliserol ortamında ise de inkübasyonun 15. gününde $55,305\pm4,58$ ppm olarak total protein değeri elde edilmiştir ($p<0.05$).

Çizelge 2. Değişen derişimlerde ham gliserol varlığında mikotrofik kültürasyonda maksimum protein miktarları

Derişim	1 mM	2,5 mM	5 mM
Gün	15	17	17
Maksimum miktar (ppm)	293,710±12	51,277±3,4	4,460±0,37

Karbon kaynağı ve derişimi belirlendikten sonra azot derişiminin C-PC üretimine etkisinin belirlenmesi amacıyla doymun azot derişimi (besi ortamındaki miktar 29,4 mM), azot açlığı (10 mM) ve azot yokluğunda deneyler gerçekleştirildiğinde; azot yokluğu ve azot açlığının C-PC üretimini negatif yönde etkilediği görülmüştür (Görsel 3). Bu sebeple maksimum C-PC üretimi

için doymun azot derişimi optimal olarak belirlenmiştir. C-PC, *A. platensis* te azot depo bileşii olduğundan azot doymunluk derişiminde en yüksek düzeye ulaşılması glukoz varlığında miksotrofik çalışmayla da desteklenmektedir (Chen ve Zhang, 1997).



Görsel 3. 1 mM ham gliserol varlığında değişen NaNO₃ derişimlerine bağı C-PC düzeyleri

Miksotrofik kültivasyonda *A. platensis* ten maksimal C-PC üretimi amacıyla optimal koşullar 1 mM ham gliserol ile 29,4 mM NaNO₃ olarak belirlenmiştir. Bu koşullardaki Chl a ve total karotenoid düzeyleri Görsel 4 de gösterilmektedir. İnkübasyon periyoduna bağımlı Chl a ve total karotenoid miktarlarının üretim eğrilerinin paralel olduğu görülmektedir.



Görsel 4. 1mM ham gliserol varlığında miksotrofik kültivasyonda Chl a ve total karotenoid düzeyleri

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Miksotrofik kültür ortamlarında kullanılacak organik karbon kaynağının seçiminde, maliyet ve mikroalg tarafından hücre içine alınma ve asimilasyon mekanizması göz önünde bulundurulmalıdır. Bu açıdan glukoz, hücre içine transport ve asimilasyon mekanizmasının bulunması, diğer substratlar ile kıyaslandığında mol başına daha yüksek enerji içeriğine sahip olması sebebiyle sıklıkla tercih edilmektedir (Hamza vd., 2013). Mikroalg hücreleri, glukoz dışındaki diğer karbon kaynaklarını alım öncesi spesifik transport sistemleri geliştirmek üzere lag (uyum) fazına ihtiyaç duymalarına rağmen biyoaktif bileşen üretim potansiyelinin daha yüksek olduğu da belirlenmiştir (Lin ve Wu, 2015; Hamza vd., 2013). Heterotrofik ve miksotrofik ortamlarda yapılan üretimlerde eksternal karbon kaynağı kullanılmasının maliyetin yükselmesine sebep olacağı düşünülse de heterotrofik ortamlarda ışık kullanılmaması, miksotrofik kültürlerde ise hücrelerin ışık gereksinimlerinin düşük olması üretimin ekonomik yönünü arttırmaktadır (Lin ve Wu, 2015; Tosuner ve Urek, 2021; Tosuner ve Urek, 2022). Bu çalışmadan da görüldüğü gibi düşük maliyetli karbon kaynağı kullanılmak istendiğinde, transesterifikasyon reaksiyon ürünlerinin %10'u olan ve bu nedenle atık konumundaki gliserol önemli bir alternatiftir (Leite vd., 2015). Gliserolün yüksek derişimlerde toksik etki göstermemesi, enzim ve membran yapısıyla uyumlu olması da mikroalg kültürlerde kullanımını uygun hale getirmiştir. Optimal miksotrofik kültürasyonda üretilen C-PC düzeyi, literatürle kıyaslanabilir durumda olup *S. platensis* (Gamont) Geitler den üretilene göre 2,67 kat daha yüksek olarak belirlenmiştir (Esen ve Öztürk Ürek, 2014, 2015).

C-PC saflığı, 620 nm'de C-PC absorbansı ile 280 nm'de tüm proteinlerde aromatik amino asitlerin absorbans değerleri arasındaki oran temelinde spektrofotometrik olarak değerlendirilir. 0,7'den düşük olan oran, C-PC preparatları gıda sınıfı olarak kabul edilirken, 0,7 ile 3,9 arasında olanlar reaktif sınıfı ve 4,0'dan büyük olanlar ise analitik derecede saf olarak kabul edilir (Fabre vd., 2022). Elde edilen sonuçlara göre maksimum düzeyde üretilen C-PC'nin 1,08'lik saflık düzeyine ulaşılmıştır. Bu saflık düzeyi üretilen C-PC'nin reaktif sınıfı saflıkta olduğunun da göstergesidir. Toksik olmayan, suda çözünür bir pigment protein olan C-PC'nin farklı saflık düzeylerine göre gıda, kozmetik, tıbbi, nutrasötik ve farmasötik uygulamalar gibi çeşitli biyoteknolojik ve endüstriyel alanlarda kullanımlarına yönelik yoğun çalışmalar yapılmaktadır (Kathiravan vd., 2022). C-PC'nin; hepatoprotektif, nöroprotektif, anti-inflamatuar, antioksidan ve anti-kanser ajanı olarak etki ettiği ve hiperkolesterolemi gibi hastalıklara karşı terapötik etkileri olduğu bildirilmiştir (Jiang vd., 2017). Bu özellikler C-PC ve polisakkaritler gibi biyoaktif bileşenlerinden kaynaklanmaktadır. C-PC'nin kullanım alanları arttıkça dünyadaki pazar payı da artış göstermektedir. Yıllık pazar payı 100 milyon dolar civarında olup üretim maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle ekonomik üretimi büyük önem arz etmektedir (Hsieh-Lo vd., 2019).

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Dokuz Eylül Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FYL-2022-2890 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nden Prof. Dr. Leyla Hızarcı ya ve DB Tarımsal Enerji'ye desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Ashaolu, T. J., Samborska, K., Lee, C. C., Tomas, M., Capanoglu, E., Tarhan, Ö., ... & Jafari, S. M. (2021). "Phycocyanin, a super functional ingredient from algae; properties, purification characterization, and applications". *International Journal of Biological Macromolecules*, 193, 2320-2331.
- Bradford, M. M. (1976). "A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding". *Analytical Biochemistry*, 72(1-2), 248-254.
- Castenholz, R. W. (2015). "General characteristics of the cyanobacteria". *Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria*, 1-23.
- Chen, F., Zhang, Y., & Guo, S. (1996). "Growth and phycocyanin formation of *Spirulina platensis* in photoheterotrophic culture." *Biotechnology Letters*, 18(5), 603-608.
- Chen, C. Y., Yeh, K. L., Aisyah, R., Lee, D. J., & Chang, J. S. (2011). "Cultivation, photobioreactor design and harvesting of microalgae for biodiesel production: a critical review". *Bioresource Technology*, 102(1), 71-81.
- Chojnacka, K., & Marquez-Rocha, F. J. (2004). Kinetic and stoichiometric relationships of the energy and carbon metabolism in the culture of microalgae. *Biotechnology*, 3(1), 21-34.
- Chojnacka, K., & Noworyta, A. (2004). "Evaluation of *Spirulina* sp. growth in photoautotrophic, heterotrophic and mixotrophic cultures". *Enzyme and Microbial Technology*, 34(5), 461-465.
- Chu, W. L. (2012). "Biotechnological applications of microalgae". *IeJSME*, 6(1), 24-37.
- da Silva Vaz, B., Moreira, J. B., de Moraes, M. G., & Costa, J. A. V. (2016). "Microalgae as a new source of bioactive compounds in food supplements". *Current Opinion in Food Science*, 7, 73-77.
- DB Tarımsal Enerji- Ürünler. (n.d.). son erişim tarihi: 1 Haziran 2021, from <https://dbtarimsalenerji.com.tr/urunler/gliserin>
- Esen, M., & Öztürk Ürek, R. (2014). "Nitrate and iron nutrition effects on some nitrate assimilation enzymes and metabolites in *Spirulina platensis*". *Turkish Journal of Biology*, 38(5), 690-700.
- Esen M., & Öztürk Ürek R. (2015). "Ammonium nitrate and iron nutrition effects on some nitrogen assimilation enzymes and metabolites in *Spirulina platensis*". *Biotechnology and Applied Biochemistry*, 62 (2), 275–286,
- Ghosh, T., Paliwal, C., Maurya, R., & Mishra, S. (2015). "Microalgal rainbow colours for nutraceutical and pharmaceutical applications". In *Plant Biology and Biotechnology* (pp. 777-791). Springer, New Delhi.
- Gonzalez-Toril, E., & Pereto', J. (2011). Autotrophy. M. Gargaud, R. Amils, & H.J. Cleaves, (Eds.). *Encyclopedia of astrobiology* (1st ed.) (131-135). Floirac: Springer Science & Business Media.

- Guschina, I. A., & Harwood, J. L. (2006). "Lipids and lipid metabolism in eukaryotic algae". *Progress in Lipid Research*, 45(2), 160-186.
- Hamza, H. A., Hamouda, R. A., Husein, M. H., & Abd-Elwahid, S. S. (2013). "The characteristics of biomass production and lipid accumulation of *Chlorella kessleri* growth under mixotrophic and heterotrophic conditions". *The Egyptian Journal of Experimental Biology (Botany)*, 9, 19-26.
- Jung, C. G. H., Waldeck, P., Petrick, I., Braune, S., Küpper, J. H., & Jung, F. (2021). "Bioreactor for the cultivation of *Arthrospira platensis* under controlled conditions". *Journal of Cellular Biotechnology*, (Preprint), 1-6.
- Khan, Z., Bhadouria, P., & Bisen, P. S. (2005). "Nutritional and therapeutic potential of *Spirulina*". *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 6(5), 373-379.
- Kim, S., Park, J. E., Cho, Y. B., & Hwang, S. J. (2013). "Growth rate, organic carbon and nutrient removal rates of *Chlorella sorokiniana* in autotrophic, heterotrophic and mixotrophic conditions". *Bioresource Technology*, 144, 8-13.
- Kovač, D., Babić, O., Milovanović, I., Mišan, A., & Simeunović, J. (2017). "The production of biomass and phycobiliprotein pigments in filamentous cyanobacteria: The impact of light and carbon sources". *Applied Biochemistry and Microbiology*, 53(5), 539-545.
- Leite, G. B., Paranjape, K., Abdelaziz, A. E., & Hallenbeck, P. C. (2015). "Utilization of biodiesel-derived glycerol or xylose for increased growth and lipid production by indigenous microalgae". *Bioresource Technology*, 184, 123-130.
- Lichtenthaler, H. K., & Wellburn, A. R. (1983). "Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents". *Biochemical Society Transactions*, 11, 591-592, (1983).
- Lin, T. S., & Wu, J. Y. (2015). "Effect of carbon sources on growth and lipid accumulation of newly isolated microalgae cultured under mixotrophic condition". *Bioresource Technology*, 184, 100-107.
- Meng, T. K., Kassim, M. A., & Cheirsilp, B. (2020). "Mixotrophic cultivation: biomass and biochemical biosynthesis for biofuel production". In *Microalgae Cultivation for Biofuels Production* (pp. 51-67). Academic Press.
- Nisticò, D. M., Piro, A., Oliva, D., Osso, V., Mazzuca, S., Fagà, F. A., ... & Cassano, A. (2022). "A combination of aqueous extraction and ultrafiltration for the purification of phycocyanin from *Arthrospira maxima*". *Microorganisms*, 10(2), 308.
- Reis, A., Mendes, A., Lobo-Fernandes, H., Empis, J. A., & Novais, J. M. (1998). "Production, extraction and purification of phycobiliproteins from *Nostoc sp.*" *Bioresource Technology*, 66(3), 181-187.
- Tarko, T., Duda-Chodak, A., & Kobus, M. (2012). "Influence of growth medium composition on synthesis of bioactive compounds and antioxidant properties of selected strains of *Arthrospira cyanobacteria*". *Czech Journal of Food Sciences*, 30, 258-267.

- Taufiqurrahmi, N., Religia, P., Mulyani, G., Suryana, D., Tanjung, F. A., & Arifin, Y. (2017). "Phycocyanin extraction in *Spirulina* produced using agricultural waste". In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 206, No. 1, p. 012097). IOP Publishing.
- Tosuner, Z. V., & Urek, R. O. (2021). "Simultaneous lipid production and valorization of crude glycerol by mixotrophic and heterotrophic cultivation of *Arthrospira platensis*". *Journal of Scientific and Industrial Research (JSIR)*, 80(10), 850-857.
- Tosuner, Z. V., & Urek, R. O. (2022). "Cultivation of *Arthrospira platensis* in heterotrophic and mixotrophic conditions with different concentrations of whey". *Aquatic Research*, 5(2), 146-153.
- Vincent, W. F. (2009). "Algae (Including cyanobacteria): Planktonic and attached". In G. E. Likens, (Ed.). *Plankton of inland waters* (1st ed.) (142-148). United Kingdom: Elsevier Inc.
- Yu, P., Wu, Y., Wang, G., Jia, T., & Zhang, Y. (2017). "Purification and bioactivities of phycocyanin". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(18), 3840-3849.
- Zarrouk, C. (1966). "Contribution à l'étude d'une cyanophycée. Influence de divers facteurs physiques et chimiques sur la croissance et la photosynthèse de *Spirulina maxima*". PhD Thesis, Université de Paris, Paris.

AĞIR METALLERLE KİRLENMİŞ EKOSİSTEMLERİN KİRLİLİK GİDERİMİNDE BİYOTEKNOLOJİK GELİŞMELER

Handan Çöl ZEYNEPLİ

Çukurova Üniversitesi Biyoteknoloji Merkezi, Adana, Türkiye - 0000-0002-2773-8107

Prof. Dr. Hikmet Yeter ÇOĞUN

Çukurova Üniversitesi Ceyhan Veteriner Fakültesi, Adana, Türkiye - 0000-0001-6559-4397

ÖZET

Biyoteknoloji, geleneksel ürünleri üretmek ve aynı zamanda doğal çevreyi korumak için saf ve daha etkili yolları hedefleyen bilim dalıdır. Günümüze kadar araştırmacılar, sağlık, gıda üretimi, ulaşım, barınma ve turizm açısından insanlara önemli faydalar sağlayan bir dizi teknolojik gelişme gördüler.

Çalışmamızda çevre kirliliğine neden olan ağır metallerin biyolojik kirlilik giderimi için günümüzde mevcut olan yöntemleri (biyomineralizasyon, biyosorpsiyon, fitostabilizasyon, hiperakümülyasyon, dendroremediasyon, biyostimülasyon, rizoremediasyon, mikoremediasyon, siyanoremediasyon, ve genoremediasyon) literatür taramasıyla bir derleme olarak toplamayı amaçlamıştır. Bu çalışma ile yeni yöntemlerin geliştirilmesi önem kazanacaktır.

Nüfus artışıyla artan çevresel faaliyetler, yeni kimyasalların, malzemelerin ve ihtiyaç olan enerjinin geliştirilmesini gerektirmektedir. Bu ihtiyaçlar için doğal kaynakları kullanılır ve çevre kirliliği ile sonuçlanan ve sonuçlanmaya devam eden büyük miktarlarda atık yaratılmış olunur.

Anahtar Kelimeler: Ağır Metal, Biyoteknoloji, Çevre, Kirlilik

Giriş

Ağır metaller hemen hemen yaşadığımız tüm çevrede toprakta ve suda yaygın olan en yaygın ve tehlikeli kirleticilerden bazılarını temsil eder. Bazıları (Cu, Ni, Mn, Zn ve Co gibi) bitki metabolizmasında önemli rol oynarlar (Tangahu vd., 2011). As, Hg, Cr, Cd ve Pb gibi toksik ağır metaller canlılarda kardiyovasküler, dermal, solunum ve sindirim sistemlerinde tehlikeli etkilere neden olabilmekte ve diğer birçok kirletici astım, diyabet, kanser ve Parkinson hastalığı dahil olmak üzere çeşitli sağlık etkilerine neden olmaktadır (Kim vd., 2017). Ağır metal kontaminasyonu, canlıların uzun süreli maruziyetinde, davranış bozuklukları, solunum

sorunları (Al Osman vd., 2019), reaktif oksijen türlerinin (ROS) (Fu ve Xi 2019) neden olduğu oksidatif stres ve bağışıklık, cilt, solunum ve endokrin hastalıkları gibi durumlarla bağlantılıdır. (Sankhla ve Kumar 2019)

Son yıllarda ağır metallerin oluşturduğu su kirliliğinin uzaklaştırılması için biyoremediasyon ile birleştirilmiş hidroponik sistemler büyük önem göstermiştir. Bazı kirleticileri arıtmak için elektrokimyasal, kimyasal ve fiziksel teknikler kullanılır, ancak bazen bunlar başarısız olabilmektedir. Toprak adsorpsiyon ve nano-sorbentler, metalleri topraktan uzaklaştıran stratejilerden bazılarıdır (Sankhla vd., 2019). Bu nedenle, biyoremediasyon gibi gelişmekte olan teknolojiler, iyileştirme sistemlerini iyileştirmek için uygulanabilir - örneğin, sudaki en yaygın kirleticilerden bazılarını gidermek için bitkilerin kullanılması. Fitoremediasyon öncelikle toprak kirleticilerini arıtmak için kullanılmıştır (Bokhari vd., 2015; Tauqee vd., 2016; Nayak vd., 2018; Zhang vd., 2018). Bununla birlikte, yinelenen bir su fitoremediasyon modeli oluşturmak için, kirletici alımı, bölümlendirme, buharlaşma, filtrasyon ve diğer birçok işlemle ilişkili morfolojik ve fizyolojik özellikler anlaşılmalıdır.

Çalışmamızda çevre kirliliğine neden olan ağır metallerin biyolojik kirlilik giderimi için günümüzde mevcut olan yöntemler;

1-Biyomineralizasyon,

Canlı organizmaların oluşturduğu tüm ya da kısmî mineralleşme. Biyomineralizasyon mikroorganizmaların metabolik aktiviteleri sonucu ürün olarak kalsiyum karbonat (CaCO_3) oluşmasıdır.

2-Biyosorpsiyon,

Biyolojik olarak parçalanması zor olan metal gibi kirleticilerin sulu ortamlarda biyokütle tarafından alınması olayıdır. Biyosorpsiyon şartlarının gerçekleşebilmesi için metal iyonu türü, konsantrasyon, biyokütle türü ve miktarı, sıcaklık, çözelti pH'sı gibi fizikokimyasal faktörlerden etkilenmektedir.

3-Fitostabilizasyon,

Genellikle erozyonun meydana geldiği sahalarda, yer altı sularına kirleticilerin sızmasını engellemek için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem için toprak yüzeyi alana uygun olan hiperakümülatör bitkiler ile örtülmektedir (Aybar vd., 2015).

4-Hiperakümülayon,

Kadmiyum, bakır, kurşun, nikel ve çinko gibi ağır metalleri bünyelerinde biriktirme yeteneklerine sahip bitkilerdir. Bunların alana ekimi ağır metal gideriminde kullanılan bir yöntemdir.

5-Rizoremediasyon,

Ağır metalce kirli alanlarda ekile bitkilerin bitki kökleri, metal gibi kirleticileri uzaklaştırdığında meydana gelir. Bu olayda fizyolojik bir bakış açısıyla, kök salgıları ve mikroorganizmalar biyoyararlanımı artırır ve bunu metallerin çökmesini izler. Kirletici alımı, hem apoplastik hem de semplastik yollar tarafından yönlendirilir ve yönlendirilir. Simplastik yollar, kirleticiyi yapraklara ve buhara taşımakta başarısız olursa, şelasyon ve sekestrasyon esas olarak bitkinin köklerinde gerçekleşir. Metaller, metal bağlayıcı ligandlar, fitoşelatinler ve metalloteinler tarafından şelatlanır ve son olarak kirleticiler ya hücre vakuelleri ve apoplastta tutulur ya da hücre duvarına bağlanır (Dushenkov vd., 1995; Tester ve Leigh 2001; Cobbett ve Goldsbrough 2002; Burken 2004).

6-Mikoremediasyon,

Bir çevre kirleticisinin mikroorganizmalar yardımıyla uzaklaştırılması işlemidir. Bu teknik ile, bakteriler ve fungus türleri kullanılarak kirliliğin hızlı bir şekilde kaldırılması sağlanır.

Yaptığımız çalışma ile birlikte araştırmamızın genelinde ağır metallerin gideriminde Biyoremediasyon çok önemlidir. Biyoremediasyon, topraktaki kirleticileri daha az toksik biçimlerine dönüştürmek veya ayrıştırmak için canlı organizmaları kullanan bir tekniktir. Bileşiklere enzimatik olarak saldırma kapasitesine sahip mikroorganizmaların varlığına dayanır. Stratejiler, uygulanacak sahaya göre in situ veya ex situ olarak uygulanabilir. In situ, kirlenmenin olduğu yerde yapılan arıtmadır ve ex situ, sonraki arıtma için toprağın veya suyun uzaklaştırılmasıdır (Vidali 2001; Gruiz ve Kriston 1995; Saadoun ve Al-Ghzawi 2005).

Kaynaklar

- Al Osman, M.; Yang, F.; Massey, I.Y. 2019. Exposure routes and health effects of heavy metals on children. *BioMetals*, 32, 563–573.
- Aybar, M., Bilgin, A., & Sağlam, B. 2015. Fitoremediasyon yöntemi ile topraktaki ağır metallerin giderimi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 1(1-2), 59-65.
- Bokhari, S.H.; Ahmad, I.; Mahmood-Ul-Hassan, M.; Mohammad, A. 2015. Phytoremediation potential of *Lemna minör* L. for heavy metals. *Int. J. Phytoremediat.*, 18, 25–32.

- Burken, J.G. Uptake and Metabolism of Organic Compounds: 2004. Green-Liver Model. *Phytoremediat. Transform. Control Contam.* 59, 59–84.
- Cobbett, C.; Goldsbrough, P. 2002. Phytochelatins and metallothioneins: Roles in Heavy Metal Detoxification and Homeostasis. *Annu. Rev. Plant Biol.* 53, 159–182.
- Dushenkov, V.; Kumar, P.B.A.N.; Motto, H.; Raskin, I. 1995. Rhizofiltration: The Use of Plants to Remove Heavy Metals from Aqueous Streams. *Environ. Sci. Technol.* 29, 1239–1245.
- Fu, Z.; Xi, S. **2019**. The effects of heavy metals on human metabolism. *Toxicol. Mech. Methods* 30, 167–176.
- Gruiz K, Kriston E. 1995. In situ bioremediation of hydrocarbons in soil. *J Soil Contam* 4:163–74
- Hua, M.; Zhang, S.; Pan, B.; Zhang, W.; Lv, L.; Zhang, Q. **2012**. Heavy metal removal from water/wastewater by nanosized metal oxides: A review. *J. Hazard. Mat.* 211, 317–331.
- Kim, K.-H.; Kabir, E.; Jahan, S.A. 2017. Exposure to pesticides and the associated human health effects. *Sci. Total Environ.* 575, 525–535.
- Nayak, A.K.; Panda, S.S.; Basu, A.; Dhal, N.K. 2018. Enhancement of toxic Cr (VI), Fe, and other heavy metals phytoremediation by the synergistic combination of native *Bacillus cereus* strain and *Vetiveria zizanioides* L. *Int. J. Phytoremediat.* 20, 682–691.
- Saadoun, I. M. K., Al-Ghzawi, Z. D. 2005. Bioremediation of petroleum contamination. *Biorem Aquat Terr Ecosyst*, 173–212.
- Sankhla, M.S. and Kumar, R. 2019. Contaminant of Heavy Metals in Groundwater & its Toxic Effects on Human Health & Environment. *SSRN Electron. J.*
- Tangahu, B.V., Abdullah, S.R.S., Basri, H., Idris, M., Anuar, N., Mukhlisin, M. 2011. A Review on Heavy Metals (As, Pb, and Hg) Uptake by Plants through Phytoremediation. *Int. J. Chem. Eng.*, 2011, 939161.
- Tauqeer, H.M., Ali, S., Rizwan, M., Ali, Q., Saeed, R., Iftikhar, U., Ahmad, R., Farid, M., Abbasi, G.H. 2016. Phytoremediation of heavy metals by *Alternanthera bettzickiana*: Growth and physiological response. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 126, 138–146.
- Tester, M.; Leigh, R.A. 2001. Partitioning of nutrient transport processes in roots. *J. Exp. Bot.* , 52, 445–457.
- Vidali, M. 2001. Bioremediation. An overview. *Pure Appl Chem* 73:1163–72
- Zhang, X., Li, M., Yang, H., Li, X., Cui, Z. **2018**. Physiological responses of *Suaeda glauca* and *Arabidopsis thaliana* in phytoremediation of heavy metals. *J. Environ. Manag* , 223, 132–139.

AKUT ÇİNKO OKSİT NANOPARTİKÜL (Zn NP) ETKİSİNDE TATLI SU BALIĞI (*Oreochromis niloticus*) KAN OSMOREGÜLASYONU ÜZERİNE ETKİSİ

Handan Çöl ZEYNEPLİ

Çukurova Üniversitesi Biyoteknoloji Merkezi, Adana, Türkiye - 0000-0002-2773-8107

Prof. Dr. Hikmet Yeter ÇOĞUN

Çukurova Üniversitesi Ceyhan Veteriner Fakültesi, Adana, Türkiye - 0000-0001-6559-4397

ÖZET

Bu çalışmada Zn oksit nanopartiküllerinin (ZnO NP) *Oreochromis niloticus* kan dokusunda iyon düzeyleri (Na^+ , K^+ , Cl^- ve Ca^{++}) üzerine etkileri incelenmiştir. Balıklar 96 saat süre ile çinko (50 mg/L ZnO NP) derişimi etkisine bırakılarak kan dokusu iyon düzeyleri spektrofotometrik yöntemlerle belirlenmiştir. Serum iyon düzeyleri ZnO NP derişimlerinde etkilenmiştir. Ortam derişimlerinin etkisinde 96 saat süre sonunda Na^+ ve K^+ iyon düzeyleri artma gösterirken aynı süre sonunda Cl^- ve Ca^{++} iyon düzeylerinde azalmalar gözlemlenmiştir. Çalışmamız göstermiştir ki *O. niloticus* balıklarının kan dokusu iyon düzeylerinde ZnO NP etkisinde değişmelerin olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlar ZnO NP balıklarda osmoregölasyonu etkilediğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Çinko, *Oreochromis niloticus*, İyon, Kan, Osmoregölasyon

GİRİŞ

Nanopartiküller (NP) boyutları 1-100 nm arasında olan materyaller olarak tanımlanırlar. Farklı büyüklüklerde, farklı yapılarda, tek elementli ya da çok elementli yapıda, farklı şekil ve biçimlerde olabilirler. Teknoloji ve nüfusun hızla artmasıyla NP'ler aşırı kullanımından dolayı doğada yoğun olarak birikime neden olmaktadır. Yapılan bir çok çalışmada NP'lerin bazılarının yüksek toksik özellikte olduğu belirlenmiştir (Saygılı ve ark., 2021).

Çinko canlılar için iz miktarda gerekli olan ve canlılarda birçok fizyolojik mekanizmalar için (büyüme, hücre bölünmesi ve bağışıklık sistemi gibi) gerekli olan bir elementidir. Balıklarda çinko büyümeyi inhibe ettiği, yüzme hareketlerinde değişikliklere neden olduğu ve kan biyokimyasında değişikliklere neden olduğu belirtilmiştir (Watson ve Beamish, 1981).

Kan iyon parametreler (Na, K, Cl, Ca) balıkların sağlık durumları hakkında ve metabolizmaları hakkında bilgi vermektedir (Edsall 1999). Balıklardaki bu biyobelirteçler yaşadığı ortamda herhangi bir kirleticiye karşı organizmalara erken uyarı sinyali vermektedir (Barnet ve ark. 2001; Almeida et al., 2002; Rao, 2006).

Oreochromis niloticus balıkları su kirliliğinde biyoindikatör tür olduğu ve su kirleticilerine karşı dayanıklı olduğu birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Çoğun ve ark., 2003; Çoğun ve Kargın, 2004; Çoğun ve Şahin, 2012). Bu çalışmanın amacı, çinko oksit (ZnO) etkisine bırakılan 96 saatlik sürelerle *Oreochromis niloticus* balıklarında kan dokusunda iyon düzeylerini (Na, K, Cl, Ca) araştırmaktır.

Materyal ve Method

Araştırmamızda *Oreochromis niloticus* balıkları Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nin yetiştirme havuzlarından alınmış ve üç ay süre ile 40X100X40 cm boyutlarındaki altı stok akvaryumu içinde laboratuvar koşullarına adaptasyonları sağlanacaktır. Bu süre sonunda balıklar uygun boy ve ağırlığa ulaşmıştır.

Deneyler $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta, akvaryumlar merkezi havalandırma sistemi ile havalandırılmış ve günde sekiz (8) saat aydınlatma / 16 saat gece periyodu uygulanmıştır. Balıklar, günde iki kez olmak üzere balık ağırlığının % 1-2'si kadar hazır balık yemi (Pınar Balık Yemi, Türkiye) ile beslenmiştir.

Deneyler de balıklar 96 saat sürelerde 50 mg/L ZnO ortam derişimi ve kontrol grubu olmak üzere iki grup halinde deneyler üç tekrarlı olarak gerçekleşmiş ve her tekrarda iki balık örnekleme yapılmıştır.

Her deney süresi bitiminde 2'şer adet balık numunesi kuyruk bölgesinden kan alındıktan sonra kanlar uygun santrifüj edilerek serumları alınmış ve iyon parametreleri (Na, K, Ca, ve Cl) otoanalizator aracılığı (Beckman Coulter AU800) ile Çukurova Üniversitesi Balcalı hastanesi merkez laboratuvarında yapılmıştır.

Deneylerden elde edilen verilerle, SPSS 10 istatistik programı kullanılarak ANOVA ile karşılaştırmalar yapılacak T testi ile farklılıklar ortaya çıkarılmıştır.

Bulgular

Çalışmamızda deney süresince balıklarda ölüm gözlenmemiştir. Ortam derişimlerinin etkisinde 96 saat süre sonunda Na⁺ ve K⁺ iyon düzeyleri artma gösterirken aynı süre sonunda Cl⁻ ve Ca⁺⁺ iyon düzeylerinde azalmalar gözlemlenmiştir. Çalışmamız göstermiştir ki *O. niloticus* balıklarının kan dokusu iyon düzeylerinde ZnO NP etkisinde değişmelerin olduğu saptanmıştır.

Tablo 1. *Oreochromis niloticus* balık kan dokusunda 96 saat süre sonunda ZnO nanopartikül derişiminde iyon düzeyleri (Na, K, Ca, Mg ve Cl) üzerine etkileri

İyon Düzeyleri	96 Saat	
	Kontrol	50 mg/L ZnO NP
Na (mmol/L)	116.0±1.0 a	151.0±1.73 b
K (mmol/L)	4.50±0.10 a	7.30±0.36 b
Cl (mmol/L)	110.3±0.57 a	107.6±1.52 a
Ca (mg/dL)	12.03±0.20 a	11.46±0.98 a

Tartışma ve Sonuç

Son yıllarda nanopartiküllerin kullanımı günlük yaşantımızın her alanında artma göstermektedir. Nanopartiküllerin metal kökenli olanları tıp, gıda sektörü ve kozmetik sanayiinde kullanımı giderek artmaktadır. Bu artış gelecekte ortam kirliliğinde de artışlara neden olacaktır.

Osmoregülasyon tatlı su balıklar için iyon değişimlerinden dolayı çok önemlidir. Canlıların iyi bir yaşam ve hayatta kalabilmeleri için, hücre içi ve hücre dışı iyon düzeylerinin dengede tutmasına yardım eden ve hücre zarında bulunan ATPaz diye adlandırılan (Na-K-Ca-ATPaz) iyon taşıyıcı enzimler aktif olmalarını sağlamalıdır (Satyavath ve Rao, 2000). Canlıların iyonlara olan gereksinimleri sadece osmatik basınç için olmayıp (Nussey ve ark., 1995) aynı zamanda canlının büyüme ve iyon homeostasisi için de gereklidirler. Balıklarda fizyolojik durumun izlenmesi ve hastalıkların tanısı için balık kan parametrelerinin izlenmesi son derece önemlidir (Çoğun ve Şahin, 2012).

Balıkların kan dokusunda iyon düzeylerindeki artma ve azalmalar ortam toksisitesinin solungaç gibi hayati organlarının etkilenmesinden kaynaklanmaktadır. Çalışmamızda 96 saat süre sonunda Na⁺ ve K⁺ iyon düzeyleri artma gösterirken aynı süre sonunda Cl⁻ ve Ca⁺⁺ iyon

düzeylerinde azalmalar gözlemlenmiştir. Cerqueira ve Fernandes (2002) yaptıkları bir çalışmada bakırın *Prochilodus scrofa* çalışmada plazma Na ve Cl seviyelerinde artma, K düzeyinde azalma bakırın akut etkisi sonrası solungaç dokusu hasarından kaynaklandığını gözlenmiştir.

Ortam kirleticilerin varlığında iyonlar etkilenmektedir (Johnson, 1988). Wang ve ark., (1998) *O. mykiss*'le yapılan bir çalışmada kan sodyum düzeylerinin azaldığı gözlenmiştir. Benzer olarak Johnson, (1988) *C. means* ile yaptığı çalışmada hemolenfinde Na düzeyinin azaldığı saptanmıştır.

Potasyum hücre içerisindeki permeabilitesinde görev yapan önemli bir iyondur (Pelgrom vd., 1995). Hücrede çok önemli yer tutması bakımından K süre sonunda ve metal derişimi etkisinde artma gözlenmiştir. Genelde organizmaların kan dokularında kalsiyum artışı özellikle böbrek tübüllerinin işlevlerinin bozulmasına neden olmaktadır (Nussey vd., 1995). Çalışmamızda kalsiyum düzeyleri 96 saat süre sonunda ortam derişiminde artma gözlenmiştir. Kan dokusunda klor Nöromüsküler duyarlılık, koenzim, hücrenin asit baz dengesi sabitliği için gerekli bir iyondur (Suvetha ve ark., 2010). Çalışmamızda klor düzeyleri 96 saat süre sonunda ortam derişiminde azalma gözlenmiştir. Bu azalma çinkonun toksik etkisini yansıtmaktadır.

Sonuç olarak çalışmamız göstermiştir ki *O. niloticus* balıklarının kan dokusu iyon düzeylerinde ZnO NP etkisinde değişmelerin olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlar ZnO NP balıklarda osmoregülasyonu etkilediğini göstermektedir.

Kaynaklar

- Almeida, J.A., Novelli, E.L.B., Dal-PaiSilva, M., and Alves-Junior, R. (2001). Environmental Cadmium Exposure and Metabolic Responses of the Nile Tilapia *Oreochromis niloticus*. Environ Pollut. 114: 169–175.
- Barnet, D., Schmidt, H., Wahli, T., Burkhardt-Holm, P., (2001). Effluent from a sewage treatment works causes changes in serum chemistry of brown trout (*Salmo trutta* L.). Ecotoxicol. Environ. Saf. 48, 140–147.
- Cerqueira, C. C., & Fernandes, M. N. (2002). Gill tissue recovery after copper exposure and blood parameter responses in the tropical fish *Prochilodus scrofa*. Ecotoxicology and environmental safety, 52(2), 83-91.

Çoğun, H. Y. And Kargin, F., (2004). Effects of pH on the mortality and accumulation of copper in tissues of *Oreochromis niloticus*. Chemosphere. 55: 277–282.

Çoğun, H. Y., Kargin, F. And Yuzereroglu, T. A. (2003). Accumulation of copper and cadmium in small and large Nile tiapia *Oreochromis niloticus*. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 71: 8523-8528.

Coğun, H.Y. and Sahin, M. (2013). The Effect of Lead and Zeolite on Hematological and Some Biochemical Parameters in Nile Fish (*Oreochromis niloticus*). Current Progress in Biological Research. Chapter, 12, 277-286.

Edsall, C. C. (1999). A blood chemistry profile for lake trout. Journal of aquatic animal health, 11(1), 81-86.

Johnson, I., (1988). The Effects of Combinations of Heavy Metals, Hypoxia and Salinity on Ion Regulation in Crangon crangon (L) and Carcinus maens (L). Comp. Biochem. Physiol., 91 C, 2: 459-463.

Nussey, G., Van Vuren, J. H. J. and Du Preez, H. H., 1995. Effect of Copper on the Haematology and Osmoregulation of the Mozambique Tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Cichlidae). Comp. Biochem. Physiol., Vol. 111C: 369-380.

Pelgrom, S. M. G. J., Lock, R. A. C., Balm, P. H. M. And Wendelaar Bonga, S. E., 1995b. Effects of Combined Waterborne Cd and Cu Exposures on Ionic Composition and Plasma Cortisol in Tilapia, *Oreochromis mossambicus*. Comp. Biochem. and Physiol. C, 111, (2): 227-235.

Rao, J.V., (2006). Biochemical alterations in euryhaline fish, *Oreochromis mossambicus* exposed to sub-lethal concentrations of an organophosphorus insecticide, monocrotophos. Chemosphere, 65: 1814–1820.

Satyavathi, C. And Rao, Y. P., (2000). Inhibition of Na⁺, K⁺-ATPase in *Penaeus indicus* Postlarvae by Lead. Comp. Biochem. Physiol., C. 127: 11-22.

Saygılı, Y., Yüzbaşıoğlu, D., & Fatma, Ü. N. A. L. (2021). Metal oksit nanopartiküllerin genotoksik etkileri. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 33(3), 429-443.

Suvetha, L., Ramesh, M., & Saravanan, M. (2010). Influence of cypermethrin toxicity on ionic regulation and gill Na^+/K^+ -ATPase activity of a freshwater teleost fish *Cyprinus carpio*. *Environmental toxicology and pharmacology*, 29(1), 44-49.

Wang T, Knudsen PK, Brauner CJ, Busk M, Vijayan MM., Jensen FB (1998) Copper Exposure Impairs Intra-and Extracellular Acid-Base Regulation During Hypercapnia in the Fresh Water Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Comparative Biochemistry and Physiology B* 168: 591-599

Watson, T.A., and Beamish, F.W.H. (1981). The Effects of Zinc on Branchial Adenosine Triphosphatase Enzymes In Vitro from Rainbow Trout, *Salmo gairdneri*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*, 68: 167-173.

OBTAINING WASTE ROCKWOOL REINFORCED EPOXY COMPOSITE AND DETERMINING ITS THERMOPHYSICAL PROPERTIES

Dr. Mustafa DAĞ

Karatekin University, Faculty of Engineering, Department of Chemical Engineering, Çankırı,
, Orcid: 0000-0001-9540-3475

Dr. Zehra Gülten YALÇIN

Karatekin University, Faculty of Engineering, Department of Chemical Engineering, Çankırı,
, Orcid: 0000-0001-5460-289X

Dr. Ercan AYDOĞMUŞ

Fırat University, Faculty of Engineering, Department of Chemical Engineering, Elazığ,
*Corresponding Author, Orcid: 0000-0002-1643-2487

ABSTRACT

In this research, waste rockwool (WRW) reinforced epoxy composite has been produced. This study has been carried out to produce low density epoxy composite with improved thermal stability and insulation properties. In the experiments, WRW is cut into small pieces, dried, and prepared as filler. WRW is mixed into Epoxy A component and distributed homogeneously in the resin. Then, a certain amount of Epoxy B component is added to the mixture and the chemical reaction is carried out at 45°C. After pouring the gel mixture into the prepared standard molds, it is waited for 24 hours for curing. According to the results obtained the density of the epoxy composite reduces as WRW raises in the mixture. WRW reinforcement in the composite raises both Shore D hardness and the activation energy. The increase in the activation energy calculated according to Coats Redfern method in thermal decomposition experiments indicates that the thermal stability of the epoxy composite is improved. Besides, it has been determined that the thermal conductivity coefficient of WRW reinforced epoxy composite decreases, that is, the insulation property of the composite improves. Also, it has been seen that both the surface morphology and the pore structure of 3 wt.% WRW reinforced composite are not adversely affected.

Keywords: Epoxy Composite, Rockwool, Shore D Hardness, Thermal Conductivity, Activation Energy

1. INTRODUCTION

Rockwool, also known as mineral wool, is a type of insulation material made from volcanic rock or other minerals that are melted and spun into fibers. Overall, rockwool is a highly versatile and effective insulation material that can be used for thermal, sound, and fire insulation. Its low thermal conductivity, high heat resistance, and water repellency make it an excellent choice for protecting buildings against extreme temperatures and weather conditions. Its sound vibration absorption properties and vapor permeability make it a great material for

improving indoor acoustics and maintaining comfortable living environments. Rockwool panels can also be used in the shipbuilding industry for thermal and acoustic insulation. Additionally, rockwool's fire resistance properties can provide valuable safety benefits, especially in buildings where flammable materials are stored or where fire safety is a concern. Rockwool panels can be used in a variety of settings, including for interior and exterior wall division, independent unit creation, and fire safety [1–5].

The aesthetic appearance, convenience, speed, and labor-saving properties of rockwool panels make them a popular choice for many construction projects. There are challenges related to the physical and chemical properties of post-consumer rockwool waste and its disposal and recycling. The waste can take various forms and may contain different substances depending on its source and use, including hazardous materials like asbestos. Waste rockwool can come in different forms and may contain various substances, depending on where it came from and how it was used. Some types of waste rockwool, particularly those from older buildings, may contain hazardous materials like asbestos, which can pose a health risk if not handled and disposed of properly. Therefore, it is important to identify the composition and quality of waste rockwool before determining the appropriate disposal method to ensure environmental and human safety. Proper treatment and disposal methods are necessary to minimize its environmental impact, and recycling is the preferred option if possible. Overall, managing post-consumer rockwool waste is crucial to promote sustainability and reduce waste. Rockwool, also known as mineral wool, can be disposed of in several ways, depending on local regulations and environmental standards. The following are some common methods for waste rockwool disposal: Recycling is the preferred method for waste rockwool disposal, as it can help reduce waste and conserve natural resources. The waste material can be sorted and cleaned, and then processed into new insulation products. However, recycling may not be possible for all types of rockwool, especially if it contains contaminants like asbestos. If recycling is not possible, rockwool can be disposed of in a landfill. However, the waste must be properly packaged and transported to the landfill to prevent its release into the environment. It is important to follow local regulations and environmental standards when disposing of rockwool in a landfill. Rockwool can also be incinerated, which can help reduce its volume and produce energy. However, incineration can release pollutants into the environment, and it may not be a suitable option for rockwool containing hazardous materials. Rockwool can also be reused in various ways, such as for soundproofing or as a filler material. However, this option may require the waste to be processed or treated to ensure its quality and safety. It is important to handle rockwool carefully and dispose of it properly to minimize its environmental impact and prevent harm to human health [6–20].

In this context, researches are carried out on the use of rockwool as an additive in various polymer composites. Epoxy resin is a type of synthetic resin that is widely used in various industrial and consumer applications due to its exceptional mechanical properties, chemical resistance, and adhesive strength [21–26].

It is a thermosetting polymer that is formed by the reaction of an epoxy resin and a hardener, which crosslink to form a rigid and durable material. Epoxy resins are commonly used in the manufacturing of composites, such as carbon fiber reinforced plastic and glass fiber reinforced plastic, due to their high strength and stiffness-to-weight ratio. They are also used as adhesives,

coatings, and sealants in the construction, automotive, and aerospace industries, among others [27–42].

One of the main advantages of epoxy resins is their ability to bond to a wide range of substrates, including metals, plastics, and wood. They also have excellent resistance to chemicals, water, and heat, which makes them ideal for harsh environments. However, epoxy resins can have some disadvantages, such as sensitivity to UV radiation and poor impact resistance. Therefore, they are often combined with other materials, such as fillers, reinforcements, and additives, to improve their properties and performance. Overall, epoxy resins are versatile and high-performance materials that offer many benefits in various applications, and they continue to be widely used in many industries today [43–52].

The addition of rockwool fibers to epoxy resin can enhance the mechanical, thermal, and acoustic properties of the resulting composite material. The rockwool fibers can act as reinforcement to the epoxy resin, increasing its strength and stiffness. Additionally, the fibers can provide thermal insulation and sound absorption properties, making the composite material useful in applications where these properties are important. The process of making rockwool added epoxy resin composites typically involves mixing the rockwool fibers with the liquid epoxy resin, followed by a curing process to harden the composite material. The resulting composite material can then be molded or shaped into a wide range of products, including insulation panels, acoustic panels, and structural components for building and construction applications [53–67].

Overall, waste rockwool reinforced epoxy resin composites are a sustainable and environmentally friendly alternative to traditional composite materials, as they make use of waste materials and can provide enhanced properties compared to traditional composites. In this study, the economical epoxy composites with high thermal stability, low density and improved insulation properties have been obtained, which are using a waste that is difficult to recycle (WRW).

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Materials

In this study, waste mineral rockwool is supplied in a local factory (Elazığ). Epoxy A and Epoxy B resin components are purchased from Polisan Company. Also, precision balance, Shore D hardness, thermal conductivity coefficient, and PID controlled thermal decomposition devices are used in experimental studies.

2.2. Methods

In this research, waste rockwool is used as a filler in epoxy composite at the ratios of 0 wt.%, 1 wt.%, 2 wt.%, 3 wt.%, 4 wt.%, and 5 wt.%. After filler (WRW) are dried and shredded, they are mixed in Epoxy A resin until a homogeneous distribution is achieved. Then, after adding a certain amount of Epoxy B resin to the mixture, casting is made into standard molds. After waiting for the epoxy composite to cure for 24 hours, the necessary physical tests and chemical analysis have been

performed. In Figure 1, the production scheme of the epoxy composite is briefly expressed. Besides, the experimental production plan and the ratio of each component are given in Table 1.

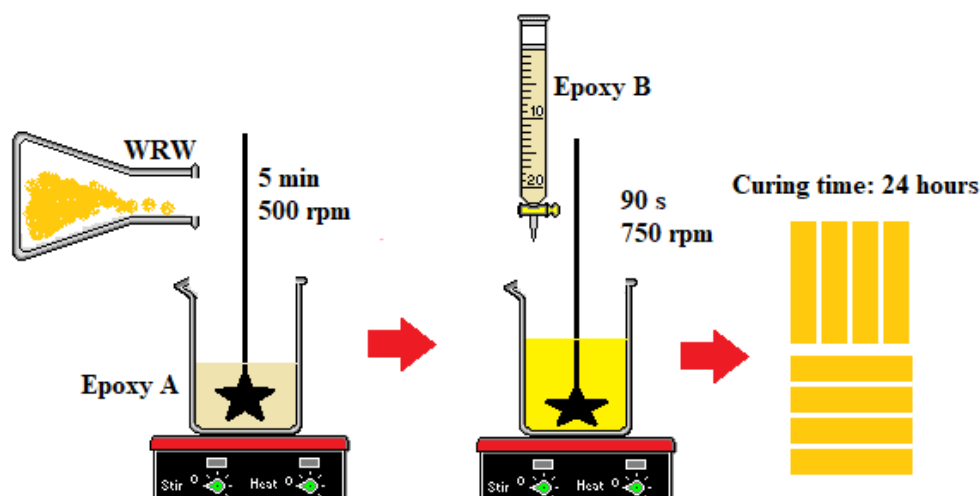


Figure 1. WRW reinforced epoxy composite production scheme

Table 1. Composite compositions and experimental work plan

Experiments	Epoxy A (wt.%)	Epoxy B (wt.%)	WRW (wt.%)
1	67	33	0
2	66	33	1
3	65	33	2
4	64	33	3
5	63	33	4
6	62	33	5

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1. Density of the epoxy composites

As seen in Figure 2, WRW reinforcement reduces the density of the epoxy composite. Although the addition of a high percentage (5 wt.%) of filler decreases the density of the composite, it negatively affects the surface morphology. The use of waste rockwool in the composite provides both environmental pollution and an economical product.

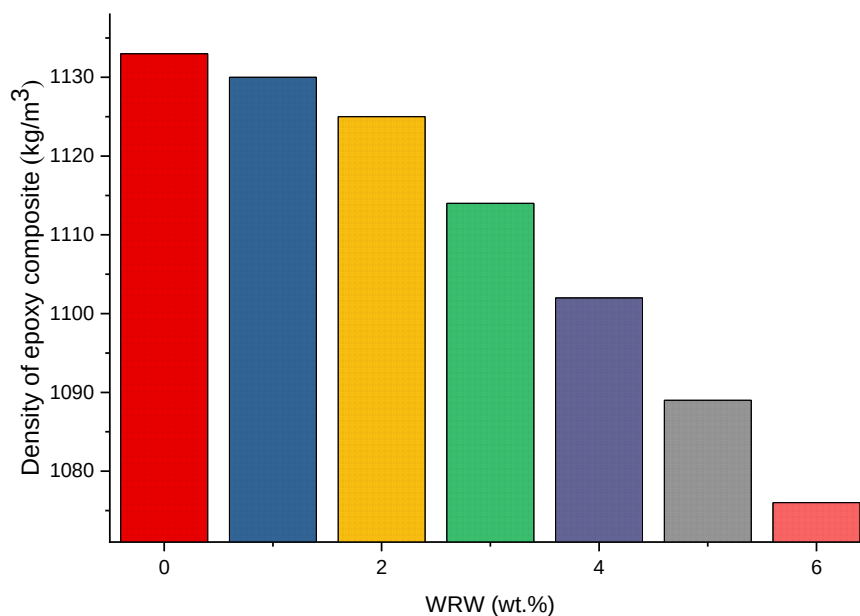


Figure 2. Effect of WRW reinforcement on the density of epoxy composite

3.2. Hardness of the epoxy composites

In Figure 3, WRW reinforcement slightly reduces Shore D hardness of the epoxy composite. In experimental studies, it is understood that the larger the waste mineral wool is shredded, the hardness the epoxy composite decreases.

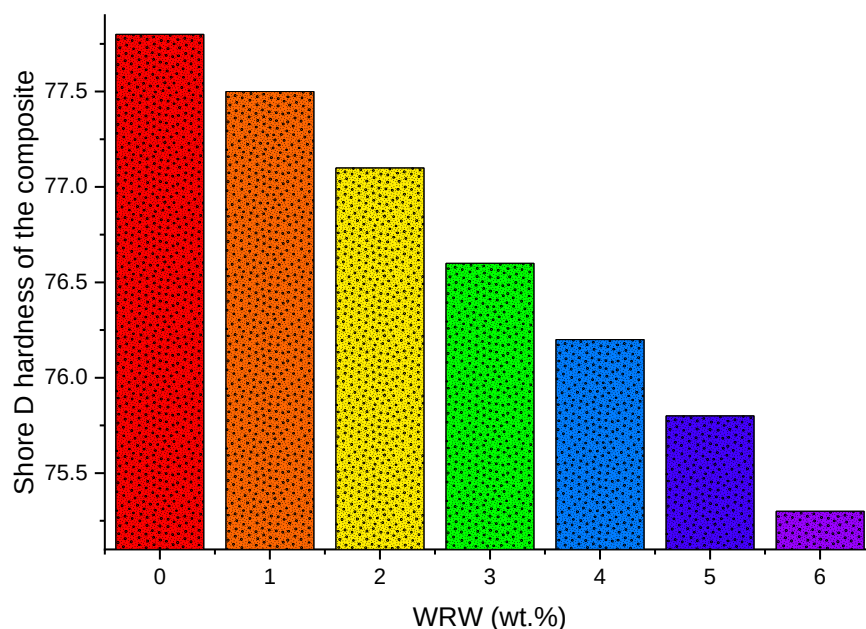


Figure 3. Variation of hardness of the epoxy composite with WRW ratio

3.3. Thermal conductivity of the epoxy composites

Waste rockwool reinforcement improves the insulating properties of the epoxy composite. In Figure 4, it is seen that the thermal conductivity coefficient of the epoxy composite decreases as the filler (WRW) ratio in the sample composition rises.

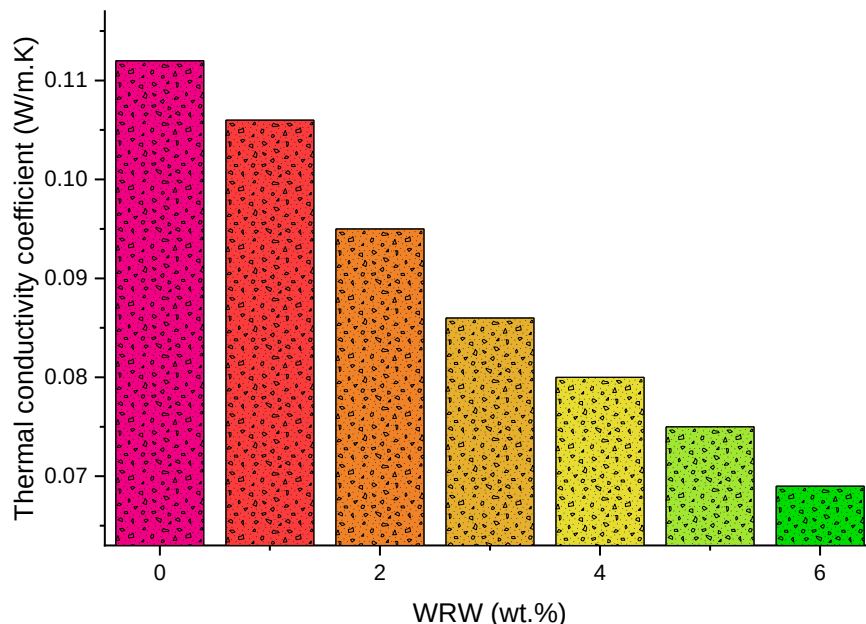


Figure 4. Effect of WRW reinforcement on thermal conductivity of the composite

3.4. Thermal decomposition of the epoxy composites

Thermal experiments have been performed using a PID controlled system. The decomposition behavior of WRW reinforced epoxy composites in an inert environment from room temperature to 600 °C is investigated. Using the experimental data obtained activation energy values are found at the highest determination coefficients (R^2) according to Coats Redfern method. The conversion ratio is taken in the range of 0.15 to 0.85 and calculations are made in Coats Redfern using three-dimensional diffusion function. In Figure 5, it is understood that WRW reinforcement increases the activation energy of the epoxy composite according to the thermal decomposition experiments. Thus, it is understood that composites with improved thermal stability can be obtained.

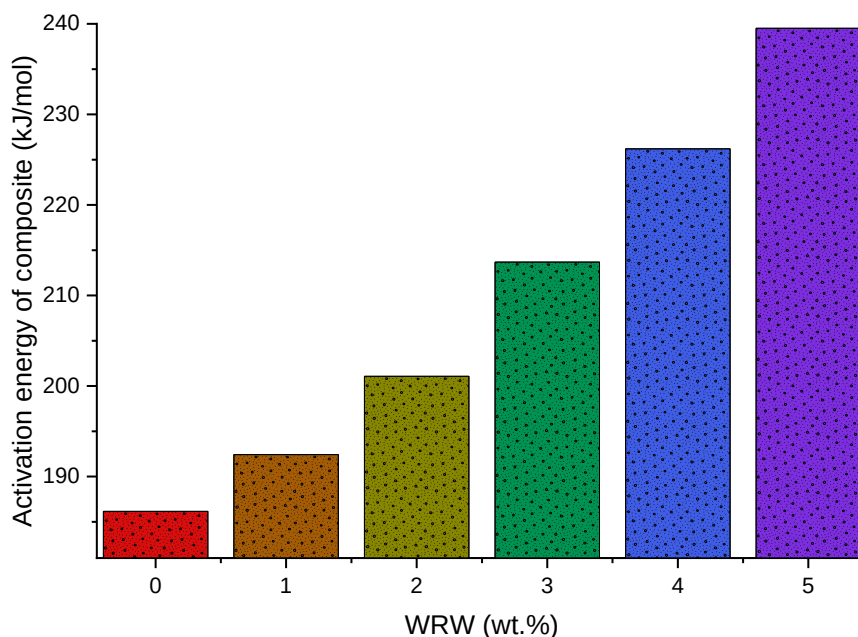


Figure 5. Variation of WRW ratio with the activation energy of the composite

4. CONCLUSIONS

In this research, an economical epoxy composite with high thermal stability, low density and improved insulation properties is produced, which is using a waste that is difficult to recycle (WRW). According to the optimum experimental results, it is seen that both the surface morphology and the pore structure of the 3 wt.% WRW reinforced composite are not adversely affected. In this study, the use of petrochemical resources is reduced and the carbon footprint is decreased. It is thought that such researches in the future will shed light on the development of these new composite materials.

REFERENCES

- P. Kinnunen, J. Yliniemi, B. Talling, and M. Illikainen, Rockwool waste in fly ash geopolymer composites, *J Mater Cycles Waste Manag*, vol. 19, no. 3, pp. 1220–1227, Jul. 2017.
- M. M. Seraji, S. Kianersi, S. H. Hosseini, J. Davarpanah, and S. Elahi, Performance evaluation of glass and rock wool fibers to improve thermal stability and mechanical strength of monolithic phenol-formaldehyde based carbon aerogels, *J Non Cryst Solids*, vol. 491, pp. 89–97, Jul. 2018.
- M. H. Dzulkifli, S. Z. Zainal, R. A. Majid, and M. Y. Yahya, Industrial Rockwool Fiber Wastes as Reinforcement in Rigid Polyurethane Foam: Preparation and Characterization, *Fibers and Polymers*, vol. 24, no. 1, pp. 329–336, Jan. 2023.
- M. Shoaib, H. Jamshaid, M. Alshareef, F. A. Alharthi, M. Ali, and M. Waqas, Exploring the Potential of Alternate Inorganic Fibers for Automotive Composites, *Polymers* 2022, Vol. 14, Page 4946, vol. 14, no. 22, p. 4946, Nov. 2022.
- A. Imamovic, Mechanical Echanical Properties of Mineral Stone Wool Fibers Based on Mixture of Blast Furnace Slag and Diabase, *Int J Adv Res (Indore)*, vol. 7, no. 4, pp. 1408–1413, Apr. 2019.

- Z. S. Yap et al., Waste Mineral Wool and Its Opportunities—A Review, *Materials*, vol. 14, no. 19, Oct. 2021.
- M. H. Dzulkifli, R. A. Majid, and M. Y. Yahya, Reclaimed rockwool fibers for thermally stable palm oil-based polyurethane foam, *J Mater Cycles Waste Manag*, vol. 24, no. 6, pp. 2416–2425, Nov. 2022.
- Z. S. Yap et al., Waste Mineral Wool and Its Opportunities—A Review, *Materials* 2021, Vol. 14, Page 5777, vol. 14, no. 19, p. 5777, Oct. 2021.
- M. Baiquni et al. Thermal and mechanical properties of hybrid organoclay/rockwool fiber reinforced epoxy composites, *iopscience.iop.org*, vol. 1191, no. 1, p. 12056, Apr. 2019.
- W. Hao, J. Xu, R. Li, X. Zhao, L. Qiu, and W. Yang, Developing superhydrophobic rock wool for high-viscosity oil/water separation, *Chemical Engineering Journal*, vol. 368, pp. 837–846, Jul. 2019.
- B. Mohammadi, A. Safaiyan, P. Habibi, and G. Moradi, Evaluation of the acoustic performance of polyurethane foams embedded with rock wool fibers at low-frequency range; design and construction, *Applied Acoustics*, vol. 182, p. 108223, Nov. 2021.
- E. Brum Dutra da Rocha, A. M. F. de Sousa, and C. R. G. Furtado, Properties Investigation of novel nitrile rubber composites with rockwool fibers, *Polym Test*, vol. 82, p. 106291, Feb. 2020.
- W. T. Lin, A. Cheng, R. Huang, and S. Y. Zou, Improved microstructure of cement-based composites through the addition of rock wool particles, *Mater Charact*, vol. 84, pp. 1–9, Oct. 2013.
- Q. Yan, Z. Meng, J. Luo, and Z. Wu, Experimental study on improving the properties of rock wool and glass wool by silica aerogel, *Energy Build*, vol. 247, p. 111146, Sep. 2021.
- B. Mohammadi, A. Ershad-Langroudi, G. Moradi, A. Safaiyan, and P. Habibi, Mechanical and sound absorption properties of open-cell polyurethane foams modified with rock wool fiber, *Journal of Building Engineering*, vol. 48, p. 103872, May 2022.
- A. Bahrami and M. Nematzadeh, Bond behavior of lightweight concrete-filled steel tubes containing rock wool waste after exposure to high temperatures, *Constr Build Mater*, vol. 300, p. 124039, Sep. 2021.
- Z. S. Yap, N. H. Nur, Z. Haron, W. H. Khu, S. H. Yeak, and M. Amran, Rock wool-reinforced concrete: Physico-mechanical properties and predictive modelling, *Journal of Building Engineering*, vol. 59, p. 105128, Nov. 2022.
- B. P. Jelle, Traditional, state-of-the-art and future thermal building insulation materials and solutions – Properties, requirements and possibilities, *Energy Build*, vol. 43, no. 10, pp. 2549–2563, Oct. 2011.
- L. D. Maxim and M. J. Utell, Aluminosilicate Fibers, *Encyclopedia of Toxicology: Third Edition*, pp. 156–160, Jan. 2014.
- M. N. Kolak and M. Oltulu, Investigation of Thermal Conductivity Properties of Polymer Based Composites Containing Waste Materials, *International Journal of Engineering Research and Development*, vol. 13, no. 2, pp. 310–320, Jun. 2021.
- H. Nabipour et al., A bio-based intrinsically flame-retardant epoxy vitrimer from furan derivatives and its application in recyclable carbon fiber composites, *Polym Degrad Stab*, vol. 207, p. 110206, Jan. 2023.

- N. A. Md Yunus et al., Analysis of boron epoxy resin composite in morphology, neutron radiography, and thermal neutron shielding performance, *Radiation Physics and Chemistry*, vol. 204, Mar. 2023.
- S. Liu, S. Liu, Q. Wang, Z. Zuo, and X. Liang, Design and synthesis of robust superhydrophobic coating based on epoxy resin and polydimethylsiloxane interpenetrated polymer network, *Prog Org Coat*, vol. 175, Feb. 2023.
- A. D. Brown, C. E. Bakis, and E. C. Smith, Effect of carbon nanotube surface treatment on the dynamic mechanical properties of a hybrid carbon/epoxy composite laminate, *Compos Sci Technol*, vol. 231, Jan. 2023.
- É. S. S. Guerra, B. L. Silva, J. D. D. Melo, G. Kalinka, and A. P. C. Barbosa, Microscale evaluation of epoxy matrix composites containing thermoplastic healing agent, *Compos Sci Technol*, vol. 232, Feb. 2023.
- G. Jiang et al., A novel phosphorus-, nitrogen- and sulfur-containing macromolecule flame retardant for constructing high-performance epoxy resin composites, *Chemical Engineering Journal*, vol. 451, Jan. 2022.
- D. Li et al., Toughening epoxy nanocomposites with graphene-encapsulated liquid metal framework, *Chemical Engineering Journal*, vol. 455, Jan. 2023.
- J. He et al., Ultra-high modulus epoxy resin reinforced by intensive hydrogen bond network: From design, synthesis, mechanism to applications, *Compos Sci Technol*, p. 109815, Jan. 2022.
- D. K. Kim, Y. H. Choi, K. W. Kim, and B. J. Kim, Transparent glass-fiber-reinforced epoxy composites and their optical characteristics, *Compos Sci Technol*, vol. 232, Feb. 2023.
- R. F. Minty, L. Yang, and J. L. Thomason, The dependence of interfacial shear strength on temperature and matrix chemistry in glass fibre epoxy composites, *Compos Part A Appl Sci Manuf*, vol. 164, p. 107303, Jan. 2023.
- Q. Guo, T. Wang, T. C. Zhang, L. Ouyang, and S. Yuan, Superhydrophobic double layered MgAl-LDH/epoxy composite coatings for enhanced anticorrosion performance of magnesium alloys, *Prog Org Coat*, vol. 174, Jan. 2023.
- M. Hao et al., Thermal conductivity enhancement of carbon fiber/epoxy composites via constructing three-dimensionally aligned hybrid thermal conductive structures on fiber surfaces, *Compos Sci Technol*, vol. 231, Jan. 2023.
- S. Morsch, C. R. Wand, S. Gibbon, M. Irwin, F. Siperstein, and S. Lyon, The effect of cross-linker structure on interfacial interactions, polymer dynamics and network composition in an epoxy-amine resin, *Appl Surf Sci*, vol. 609, Jan. 2023.
- B. Wang et al., Toughening and strengthening of low-temperature resistant epoxy resins by introducing high-performance thermoplastic resin with phthalazinone structure, *Polymer (Guildf)*, vol. 266, Jan. 2023.
- J. Zhuang, Y. Lin, G. An, and X. Liu, Steady superlubricity achieved by epoxy resin composite coatings containing polydimethylsiloxane, *Prog Org Coat*, vol. 175, Feb. 2023.
- S. Ilangoan, S. Senthil Kumaran, K. Naresh, K. Shankar, and R. Velmurugan, Studies on glass/epoxy and basalt/epoxy thin-walled pressure vessels subjected to internal pressure using ultrasonic 'C' scan technique, *Thin-Walled Structures*, vol. 182, Jan. 2023.
- Sun, D., Bai, Y., He, Y., Li, Z., Li, C., Zhao, Y., and Yin, X. Polydopamine coated Co₂(OH)₂BDC nanosheets for anticorrosive reinforcement of water-borne epoxy coating, *Progress in Organic Coatings*, 175, 107368, 2023.

- G. Hu et al., Robust Superhydrophobic and Wrinkle-recovering Fabric based on Shape Memory Epoxy, *Mater Lett*, p. 133480, Jan. 2022.
- Y. Zhou et al., Effect of nano- Al_2O_3 /epoxy resin composite on the shear strength recovery of fractured rock masses with various crack widths and SCA interfacial treatments, *Case Studies in Construction Materials*, vol. 18, Jul. 2023.
- Q. Bao, R. He, Y. Liu, and Q. Wang, Multifunctional boron nitride nanosheets cured epoxy resins with highly thermal conductivity and enhanced flame retardancy for thermal management applications, *Compos Part A Appl Sci Manuf*, vol. 164, p. 107309, Jan. 2023.
- X. Han et al., Potential new material for optical fiber: Preparation and characterization of transparent fiber based on natural cellulosic fiber and epoxy, *Int J Biol Macromol*, Jan. 2022.
- R. K. Behera, S. K. Parida, and R. R. Das, Effect of using fibre reinforced epoxy adhesive on the strength of the adhesively bonded Single Lap Joints, *Compos B Eng*, vol. 248, Jan. 2023.
- M. Zhang, H. Xu, A. L. P. Zeze, and J. Zhang, Metakaolin-based geopolymer composites modified by epoxy resin and silane: Mechanical properties and organic-inorganic interaction mechanism, *Appl Clay Sci*, vol. 232, Feb. 2023.
- P. Y. Mechin and V. Keryvin, Compressive strength estimation of continuous carbon fibre/epoxy resin composite by micro-mechanical numerical modelling, *Compos Struct*, vol. 305, Feb. 2023.
- Y. Zhang, D. Cai, Y. Hu, and N. Zhang, On improvement of the interlaminar shear strength of carbon fiber/epoxy laminates with magnetically guided steel particles, *Thin-Walled Structures*, vol. 182, Jan. 2023.
- O. A. A. El-Shamy and M. A. Deyab, Novel anticorrosive coatings based on nanocomposites of epoxy, chitosan, and silver, *Mater Lett*, vol. 330, Jan. 2023.
- Z. Zhou et al., Anti-corrosion and anti-fouling properties of ball-like GQDs hybridized MOFs functionalized with silane in waterborne epoxy-polydimethylsiloxane coatings: Experimental and theoretical studies, *Appl Mater Today*, vol. 30, Feb. 2023.
- Y. Lei et al., Preparation of ZIF-67@DTMS NPs/Epoxy composite coating and its anti-corrosion performance for Q235 carbon steel in 3.5 wt% NaCl solution, *Colloids Surf A Physicochem Eng Asp*, vol. 656, Jan. 2023.
- M. Cheng, J. Liu, H. Jiang, C. Li, S. Sun, and S. Hu, A novel epoxy coating with nanocatalytic anticorrosion performance achieved by single-atom Fe-N-C catalyst, *J Colloid Interface Sci*, vol. 633, pp. 575–588, Mar. 2023.
- Z. Ye, Z. Tang, G. Meng, X. Yuan, and L. Gu, Mussel-inspired preparation of dispersible mica nanosheets for waterborne epoxy coatings with reinforced anticorrosive performance, *Prog Org Coat*, vol. 175, Feb. 2023.
- Su, F. et al. Layer-by-layer macroassembly of inorganic CNTs and MXenes with organic PVA for enhancing the interfacial properties of carbon fiber/epoxy composites, *Composites Communications*, 37, 101427, 2023.
- T. M. C. dos Reis, V. G. de Castro, L. G. Amurin, and G. G. Silva, Graphene oxide dispersion in epoxy resin prepared by direct phase transfer from ethanol: Rheology and aging, *Composites Part C: Open Access*, vol. 10, Mar. 2023.
- N. Alipanah, A. Dehghani, M. Abdolmaleki, G. Bahlakeh, and B. Ramezanzadeh, Designing environmentally-friendly pH-responsive self-redox polyaniline grafted graphene oxide nano-

platform decorated by zeolite imidazole ZIF-9 MOF for achieving smart functional epoxy-based anti-corrosion coating, *J Environ Chem Eng*, vol. 11, no. 1, Feb. 2023.

B. Rijo, A. P. S. Dias, and J. P. S. Carvalho, Recovery of carbon fibers from aviation epoxy composites by acid solvolysis, *Sustainable Materials and Technologies*, vol. 35, Apr. 2023.

X. Lu and X. Gu, A review on lignin-based epoxy resins: Lignin effects on their synthesis and properties, *Int J Biol Macromol*, Jan. 2023.

Y. Zhao et al., Eco-friendly design of α -zirconium phosphate modified by phytic acid for reinforcing the corrosion resistance of waterborne epoxy coating, *Colloids Surf A Physicochem Eng Asp*, vol. 656, p. 130472, Jan. 2023.

G. Irvén, D. Carolan, A. Fergusson, and J. P. Dear, Fracture performance of fibre-reinforced epoxy foam, *Compos B Eng*, vol. 250, p. 110433, Feb. 2023.

Y. Zhang et al., Fabrication of RGO/CNTs/MXene 3D skeleton structure for enhancing thermal and tribological properties of epoxy composites, *Tribol Int*, vol. 179, Jan. 2023.

G. Czél, M. Bugár-Mészáros, and M. R. Wisnom, The effect of test temperature on the pseudo-ductility of thin-ply hybrid composites, in *ECCM 2018 - 18th European Conference on Composite Materials*, 2020.

J. Luo et al., Simultaneous optimization of the thermal conductivity and mechanical properties of epoxy resin composites through PES and AgNP functionalized BNs, *Compos B Eng*, vol. 248, Jan. 2023.

D. Quan, G. Wang, G. Zhao, and R. Alderliesten, On the interlayer toughening of carbon fibre/epoxy composites using surface-activated ultra-thin PEEK films, *Compos Struct*, vol. 303, Jan. 2023.

J. Tian, X. Qi, C. Li, and G. Xian, Friction behaviors and wear mechanisms of multi-filler reinforced epoxy composites under dry and wet conditions: Effects of loads, sliding speeds, temperatures, water lubrication, *Tribol Int*, vol. 179, Jan. 2023.

M. Tüfekci, B. Özkal, C. Maharaj, H. Liu, J. P. Dear, and L. Salles, Strain-rate-dependent mechanics and impact performance of epoxy-based nanocomposites, *Compos Sci Technol*, vol. 233, Mar. 2023.

N. Thirunavukkarasu, H. Bhuvaneswari Gunasekaran, S. Peng, A. Laroui, L. Wu, and Z. Weng, Study on the interface toughening of particle/fibre reinforced epoxy composites with molecularly designed core-shell particles and various interface 3D models, *Mater Des*, vol. 225, Jan. 2023.

H. Khosravi, R. Naderi, and B. Ramezanzadeh, Designing an epoxy composite coating having dual-barrier-active self-healing anti-corrosion functions using a multi-functional GO/PDA/MO nano-hybrid, *Mater Today Chem*, vol. 27, Jan. 2023.

W. Xu, C. Yang, W. Su, N. Zhong, and X. Xia, Effective corrosion protection by PDA-BN@CeO₂ nanocomposite epoxy coatings, *Colloids Surf A Physicochem Eng Asp*, p. 130448, Jan. 2022.

J. Wang, P. Ren, Z. Chen, T. Wu, F. Wang, and C. You, Enhanced thermal conductivity of epoxy composites reinforced with oriented polydopamine-graphene foam complexed by metal ions, *Appl Surf Sci*, vol. 610, Feb. 2023.

DEPREMLERİN TARIM SEKTÖRÜNE OLAN OLASI ETKİLERİ

Doç. Dr. Mahmut İSLAMOĞLU

Adıyaman Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,

00000-0003-2835-4735

ÖZET

Tarım veya ziraat, bitkisel ve hayvansal ürünlerin üretilmesi, bunların kalite ve verimlerinin yükseltilmesi, bu ürünlerin uygun koşullarda muhafazası, işlenip değerlendirilmesi ve pazarlanmasını ele alan bilim dalıdır olarak ifade edilebilir. Tarım bir ülkede; nüfusunun beslenmesini sağlaması, milli gelire ve istihdama katkı sağlaması, sanayi sektörünün hammadde ihtiyacını karşılaması, sanayiye sermaye aktarması, ihracata doğrudan ve dolaylı katkıda bulunması, gibi nedenlerden dolayı, ekonomimizin vazgeçilmez bir sektördür. Bu sektör, dünyada en kırılgan sektörlerden biri olup doğal felaketlerden de en fazla etkilenen sektörlerden birisidir.

Ülkemiz, Ülkemiz dünyanın önemli deprem kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya kuşağı üzerinde yer almaktadır. Ülkemizin, karmaşık jeolojik yapısı ve jeodinamik konumundan dolayı çok sayıda aktif fay bulunmaktadır. Bu nedenle Ülkemiz, zaman zaman oldukça büyük felaketler yaşamakta olup bu felaketler gerek insanlarımız üzerinde ve gerekse de ekonomimiz üzerinde yıkıcı etkilere sahip olmaktadır. Bazı doğal felaketlerin tarım üzerindeki etkileri birçok yönden araştırılmasına rağmen depremin tarım sektörüne olan zararı henüz tam olarak değerlendirilmemiştir. Ancak genel olarak değerlendirilecek olursa; depremler kırsal yaşamda kayıp veya yaralanmalara, ürün verimi ve hayvancılıkta, gıda stoklarında, tarımsal girdilerde, sulama sistemlerinde ve ağlarında hasar veya yıkıma neden olabilir ve olmuştur. Bu çalışmada depremin tarım üzerindeki etkileri ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tarım, Deprem, Doğal felaket, Gıda

GİRİŞ

Türkiye Alp-Himalaya deprem kuşağındadır. Arap Levhası Kızıldeniz'deki açılma sebebiyle Anadolu levhasını sıkıştırması sonucu altına girerek Güneydoğu Anadolu'nun yükselmesine ve bu yükselmenin yanı sıra Anadolu'nun batıya doğru ilerlemesine neden olmaktadır [1]. Türkiye'de ilk deprem kayıtları M.Ö. 2000 yılında rastlanmış o tarihten günümüze kadar zaman zaman yıkıcı depremlerin depremler meydana gelmiştir. Bu depremler, ülkemizde çok büyük oranda hem mal hem de can kayıplarına neden olmuştur. Bu zamana kadar oluşan depremler, bundan sonra olacak olan yâda beklenen depremlerin bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir.

Tarım, insanların beslenmelerini sağlayabilmek için bitki ve hayvan yetiştirme faaliyetleri için her şeyi ifade eden geniş bir terimdir. Toprağı işlemeyi ve hayvan yetiştirmeyi içeren çiftçilik, bitki bilimini de içeren tarımın bir parçasıdır. İnsanlık tarihi açısından oldukça önemli bir dönüm noktası olan tarım, MÖ 8.500 yıl önce bazı hayvanların evcilleştirilmesiyle başlayan tarım, Neolitik çağın başlangıcı olarak sayılmaktadır. Tarım ile insanoğlu avcılık ve göçebelik bir hayat tarzından kendi besin kaynağını üreten ve depolayan bir hayat tarzına geçmiştir. Bu suretle sabit yerleşim yerleri ve medeniyetler kurabilmişlerdir. Kısacası tarım ile İnsanoğlu ilk defa "Bereketli Hilal" adı verilen yerde kendi besinini kendisi üreten, depolayan ve yerleşik bir hayata geçtiği bildirilmiştir. Son yıllarda yaşanan salgın hastalıklar, yangınlar, depremler ve sel gibi felaketlerin tarım sektörünün dolayısıyla da insan beslenmesinin ne kadar önemli olduğu her geçen gün daha da iyi anlaşılmaktadır.

Ülkemizin jeolojik yapısı nedeniyle sık sık doğal felaketler ile karşılaşmaktadır. Bu doğal felaketlerin içerisinde belki de en önemlisi depremlerdir [2]. Depremler bütün ekonomik sektörleri etkilediği gibi tarım sektörünü de oldukça önemli ölçüde etkilendiği bilinmektedir. Ancak doğal afetlerin özellikle de depremlerin tarım sektörü üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğuna dair açık göstergeler olmakla birlikte, dünya çapında mevcut olan veri ve bilgilerde nasıl ve ne kadar etkilendiğine dair veriler oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Ulusal ve uluslararası afet kayıp veri tabanları, sektördeki kayıpları nadiren bildirilmiştir. Örneğin kuraklıkların Sahra Altı Afrika'daki birçok ülkeyi etkilemesine karşın, tarım sektörü ve alt sektörlerinde neden oldukları kayıplara ve gıda güvenliği ve yoksulluk üzerindeki etkilerinin tamamına ilişkin çok az veri bulunmaktadır. Dolayısıyla da doğal afetlerin özellikle de depremlerin tarım sektörlerine olan etkileri ile ilgili bilgilerim oldukça sınırlı olduğu görülmüştür [2].

2- DEPREMİN TARIM SEKTÖRÜNE ETKİLERİ

2.1. Depremlerin Bitkisel Üretime Olan Etkileri

Depremin bitki topluluklarına olumsuz yönde etkileyebileceğini, özellikle bitki çeşitliliğini azaltabileceğini ve veriminin azalmasına neden olabileceği tespit edilmiştir [3]. Sismik fayın yakınında bulunan tüm bitki topluluklarının çalılık forma geçme eğiliminde olduğu, aynı zamanda, sismik fayın yakınında bitki tür ve çeşitliliğinin azaldığı, bitki topluluğunun üretkenliği bariz bir şekilde düştüğü belirlenmiştir [4].

Depremlerin büyüklüklerine bağlı olarak, tarımsal faaliyetlerde gecikme ve duraklamalar olabileceği gibi, üretim kaynaklarının hasar görmesi ve bunlara ulaşamama gibi dolaylı etkileri de olabilmektedir. Depremlerin dolaylı etkileri olan heyelanlar, tarım arazilerinde meydana gelen çatlak ve kırılmalar, tarım arazilerinin kullanımını zorlaştırmakta, hatta engellemektedir. Ayrıca tarımsal sulama sistemleri yani sulama kanalları, borular gibi tarımsal yapılar da zarar görmesi ikincil bir zarar olarak kabul edilebilirler (Şekil 1) [5].



Görsel 1. Depremi tarım arazilerinde vermiş olduğu zarar [6]

Öte yandan, depremlerin bitkisel faaliyetleri üzerinde de olumsuz etkileri vardır. Bunlar, tarımsal üretim faaliyetlerinin gerçekleştirilememesi veya gecikmesi olabileceği gibi, ürün, depolanan girdi ve canlı hayvan kaybı şeklinde de olabilir. Kayma ve çökmeler hasadı zorlaştırabilir, hatta imkânsız hale getirebilir ve hasat kayıplarına neden olabilir. Hayvan yemlerinin moloz altında kalmasından dolayı da yem sıkıntısı yaşanabilir. Enerjiye ihtiyaç duyan bitkisel ve hayvansal üretim süreçleri, uzun süreli elektrik kesintileri ve yakıt eksikliği nedeniyle kayıplara neden olabilir (Şekil 2) [5].

Deprem sadece yıkıma neden olmamakta tarım alanlarının tarla ve bahçelerde tarla sınırlarının birbiri içerisine kaymaları yanında, fay kırıklarına neden olmaktadır. Fay kırıkları ise arazinin yapısına bağlı olarak 2 metre hatta bazen 5 metreye yakın çukurlara, yarıklara ve tümseklere neden olurlar. Bu durum tarla veya bahçenin işlenememesine, hasat yada harmanın yapılamamasına neden olmaktadır. Ekili arazileri bölen fay kırıklarının ve yarıkları doldurulması, arazi tesviyesi bozulan tarla bütünlüklerinin yeniden sağlanamaması ek masraflara yol açacağından ekonomik kayıplara neden olacaktır. Ekimi yapılmış tarlaların yâda dikili bahçelerin bakım işlemleri ile gübreleme ve zirai mücadele faaliyetleri yeterince yapılamaması ciddi ekonomik kayıplara yol açacağı açıktır [5].



Görsel 2. Depremi nedeniyle oluşan kayma ve çökme [7]

Depremlerin bitkisel üretime olan etkisinin ekonomik maliyetleri de oldukça önemli kayıplara neden olmaktadır. Ülkemizde 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen depremde 3.1 milyon hektar tarım alanının etkilendiği bildirilmiştir. Deprem bölgesinde bitkisel ürünlerin oluşturduğu alan yaklaşık 2.6 milyon hektarla Türkiye'nin üretiminin % 15.5 oranına karşılık gelmekte, sebze arazilerinin ise %15.2'sine karşılık geldiği bildirilmiştir. Ayrıca meyvecilik üretiminde 0.9 milyon hektarla deprem bölgesinin Türkiye üretiminin yaklaşık dörtte birini

oluşturduğu belirlenmiştir. Depremi üzerinden çok geçmemesine rağmen yapılan hesaplamalarda bitkisel üretimden oluşan kayıpların ve bunun sonucunda oluşacak skonder kayıpların milyonlarca TL'yi bulacağı tahmin edilmektedir [8].

2.2. Depremlerin Hayvancılığa Olan Etkileri

Depremin hayvancılık sektörüne en önemli etkisi enkaz altında kalan büyük ve küçükbaş hayvanların telef olmasıdır (Şekil 3). Hayvancılık sektöründe hasar tespiti çalışmaları devam etmekte olup, bugüne kadar 8.241 büyükbaş, 64.260 küçükbaş, 42.000 kümes hayvanının öldüğü tespit edilmiştir. Ülkemizde meydana gelen son depremlerde, Adıyaman ilinde 533 bin, Malatya ilinde ise 168 bin olmak üzere toplam 701. 000 civcivin telef olduğu tespit edilmiştir. Bu kapsamda bu bölgede hayvan ölümleri nedeniyle besi hayvanı yetiştiricilerinin kaybının 602,5 milyon TL (31,9 milyon ABD Doları) olduğu tahmin edilmektedir [8].



Görsel 3. Depremin çiftlik hayvanlarına verdiği zarar [9]

Depremden etkilenen bölgedeki 233.230 ahır ve ağıldan yaklaşık 13.000 tanesinin tamamen yıkıldığı tespit edilmiştir. Yine deprem bölgesinde yapılan çalışmalarda yaklaşık 1,6 milyon kovandan 5 bin 756 kovanın hasar aldığı belirlenmiştir. Bu bölgede hayvancılığın yeniden tesis edilmesinin yaklaşık maliyetinin yaklaşık 9 milyon (460.000 ABD Doları) olacağı tahmin edilmektedir [8].

Depremin nedeniyle elektrik, su, yem ve gıda sağlanmasında aksaklıkların yaşanmasına, deprem sonrası hayvan yetiştirilmesinde, barındırılmasında zorluklara neden olmaktadır. Deprem sonrası ulaşımın aksaması nedeniyle yem sıkıntısı, elektrik olmaması nedeniyle süt sağımının yeterince yapılamamasına, elde edilen sütlerin ise yeterince değerlendirilmemesine neden olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca depremin dolaylı bir etkisi olarak deprem bölgesinde bulunan büyükbaş ve küçükbaş hayvan yetiştiricileri hayvanlarına yeterince bakamamakta ve bir an önce hayvanları satarak elden çıkarmaya çalışmaktadırlar. Bu da gelecekte hayvancılığı ağır bir darbe vurmasına neden olacağı düşünülmektedir. Bunun sonucunda ülkede hem et ve et ürünleri hem de süt ve süt ürünlerinin azalmasına sebep olmakta ithalatın kapılarını aralamaktadır [4].

Depremin balıkçılığa ve arıcılığa verilen zararları da henüz tam olarak belirlenememiştir. Örneğin, Ülkemizde yaşanan son depremde Sultansuyu barajının bentlerinde yarık ve çatlaklar oluşması ve bu barajın sularının boşaltılması nedeniyle yaklaşık 100 tonun üzerinde yetişmiş

balığın yanı sıra, 14 milyon yavru balığın telef olduğu bildirilmektedir. Bunun yanında henüz ulaşılamamış ve resmi rakamlara yansımamış rakamlarla hayvancılık alanında uğranılan zararın, tahmin edilenin ötesine geçebileceği düşünülmektedir (Şekil 4) [8].



Görsel 4. Depremın balıkçılığa olan etkisi [10]

Bununla birlikte deprem bölgesinde özel sektör tarafından yapılan balıkçılık üretim tesislerinde meydana gelen hasarla yaklaşık 100 ton balığın telef olduğu bildirilmiştir. Özel sektörün toplam kaybının ise 63,2 milyon TL olarak hesaplandığı bildirilmiştir [8].

Deprem sonrası enkaz altında kalan yaralı hayvanların tedavileri, enkaz altındaki hayvanların kurtarılması, bunların bakım ve beslenmeleri için yem, su, mama, ilaç gibi ihtiyaçlarının karşılanması da ayrıca ilgilenmesi gereken konuların başında gelmektedir. Bu nedenle depremin hayvancılığa olumsuz etkisi her zaman için oldukça büyük olmuştur [5].

2.3. Depolama Tesislerine Olan Etkileri

Depolama, genellikle bitki hastalık ve zararlılarını önlemek için veya üretimin talebi karşılayamadığı zamanlarda kullanılmak üzere tarımsal ürünlerin tesislerde veya



Görsel 5. Depremin buğday silolarına vermiş olduğu zarar [11]

konteynırlarda yığılarak bekletilmesine depolama adı verilir. Dünyada ve ülkemizde daha çok tahıl ve baklagil grubu ürünler silolarda yâda depolarda sonradan kullanılmak üzere depolanırlar. Depolanan bu ürünler daha çok doğal afetlerde yâda savaş gibi durumlarda kullanılır. (Şekil 5) [5].

Depoların deprem nedeniyle devrilmesi, yıkılması ve parçalanması ile depolanan tarımsal ürünler büyük ölçüde zarar gördüğü tespit edilmiştir. Ülkemizde yaşanan son depremde Adana, Diyarbakır, Gaziantep, Kahramanmaraş ve Hatay'da toplam 558.250 ton kapasiteli özel sektöre ait 12 adet depolama tesisinin kapasitesinin %26,1'i ağır hasarlı, %33,4'ü orta derecede hasarlı ve %40,6'sı hafif hasarlıdır. Bu hasarların toplam maliyetinin 221 milyon TL (11,7 milyon USD) olduğu tahmin edildiği bildirilmiştir (Şekil 6) [4].



Görsel 6. Depremin mısır silolarına vermiş olduğu zarar 12

Ayrıca TMO'ya ait 10 ilde toplam 315.100 adet kapasiteli 18 deponun kapasite itibariyle %9,5'i yıkılmış, %22,1'i orta hasarlı ve %68,4'ü hafif hasarlıdır. Toplam hasarın 81,6 milyon TL (4,3 milyon USD) olduğu tahmin edilmiştir [8].

2.4. Göçlere Olan Etkisi:

Depremler deprem bölgesinden ve kırsal alanlardan büyük şehirlere göçü tetiklemektedir. Bu nedenle, deprem bölgesinden diğer bölgelere kırsal göçün de önüne geçebilmek için çiftçinin göçünü önleyecek ekonomik ve sosyal önlemler alınarak çiftçinin köyünde kalması teşvik edilmelidir. Ayrıca, tarım sektöründe genç nüfusun kalması için çeşitli yatırım ve teşvik paketleri hazırlanarak var olanlar artırılmalıdır (Şekil 7) [8]



Şekil 7. Deprem sonrası, deprem bölgesinden göç eden yerel halk 13

2.5. Tarımsal Ürünlerde Nitelik ve Nicelik Kaybı:

Depremlerin tarımı olumsuz etkilemesi nedeniyle bitkisel ve hayvansal üretimin nicelik ve niteliğindeki azalmasına ve fiyatları yükselmesine neden olabilir. Gıda tedarik zincirinde,

nakliyyede, depolamada, işlemede, meydana gelebilecek aksamalar, tarım ürünlerinin kaybına ve gıda fiyatlarının artmasına neden olabileceği düşünülmektedir [4,5]

2.6. Toprak ve Su Kaynaklarının Kirlenmesi:

Deprem, toprak ve su kaynaklarının kirlenmesine neden olabilir. Sanayide ve tarımda kullanılan birçok maddenin depolama alanlarının zarar görmesi sonucu bu maddelerin toprak ve su kaynaklarına karışabilmekte ve kirlitebilmektedir. Bunun sonucunda hem toprak hem de su kimyasal maddelerle kirlenebilmektedir [5]

2.7. Tarımla Uğraşan Nüfusun Yaşlanması:

Deprem bölgesinde oluşacak göçün sonucu olarak bu bölgelerde çoğunlukla yaşlı nüfus tarımla uğraşacak bunun sonucunda tarımsal üretim için yeterli iş gücü temininde zorluklar yaşanacaktır [4,5]

2.8. Mevsimlik İşçi Tedarikinde Zorluklar:

Tarımsal üretimin devamlılığı için yerleşik istihdam kadar mevsimlik işçilerde çok önemli olmaktadır. Deprem hareketli işgücünün yani bölgede yaşayan mevsimlik işçilerinde de can ve mal kaybına sebep olacağından bu işçilerin tarımsal üretimde tekrar istihdamının oldukça güç olacağı düşünülmektedir [5,8]

2.9. Gıda Tedarikindeki Zorluklar:

Deprem bölgelerinde gerek tarım alanlarının tahrip olması ve gerekse de çiftlik hayvanlarının zarar görmesi nedeniyle üretimde ciddi sıkıntılar yaşanacağı tahmin edilmektedir. Bunun sonucunda gıda maddelerinin üretiminin azalması ve gıda maddelerinin tedarikinde önemli sorunlar yaşanacaktır. Bunun sonucunda gıda fiyatlarında kontrolsüz artış, talebin daha da artması durumunda ise gıda karaborsasının oluşmasını doğuracaktır. Bu da, tarım ürünleri ithalatının artmasına ve stratejik bir sektör olan tarım sektöründeki gerilemenin hızlanmasına yol açacaktır [4].

SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Diğer doğal afetlerle (örneğin meteorolojik afet ve jeolojik afet) karşılaştırıldığında depremlerin tarımsal üretime doğrudan ve dolaylı olarak birçok etkiye sahip olduğu bildirilmiştir. Kırsal alanlarda deprem afetlerinin neden olduğu doğrudan kayıplar toplam kaybın yaklaşık yüzde 80'ini konut ahır ve ağıl gibi yapıların yıkımından oluşturmakta diğer kayıpların büyük bölümünü ise sulama ve su koruma sistemlerinin (barajların) yıkımı oluşturduğu bildirilmiştir [9]. Depremlerin tarım sektörüne dolaylı etkilerinin başında bazı tarım tesisleri zarar görmesi, çok sayıda üretim aleti yok olması, üretim gücü olarak kullanılan bazı hayvanların da zarar görmesi, bunun sonucunda tarımsal verimlilik bir ölçüde doğrudan tahribata uğraması dolaylı etki olarak görülebilir. Depremin diğer önemli bir dolaylı etkisi de depreme maruz kalan ve tarımsal üretim faaliyetinde bulunan çiftçilerin psikolojik olarak motive olamamaları tarımsal üretimi ciddi şekilde sınırladığı bildirilmiştir [5,6].

KAYNAKÇA

- [1] AFAD. 2011. Depremlere Karşı Yapısal Risklerin Azaltılması ve Yapısal Güçlendirme. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı ile İstanbul Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü ve İl Özel İdaresi Proje Koordinasyon Birimi. Şubat, 2011 İstanbul.
- [2] Feng Zhize and Wang Baoyin. (1998). Estimation of indirect economic loss by earthquake disaster. Journal of catastrophology 13:4, 23-27
- [3] Zuo H, Shen H, Dong S, Wu S, He F, Zhang R, Wang Z, Shi H, Hao X, Tan Y, Ma C, Li S, Liu Y and Zhang F (2022) Effects of Strong Earthquake on Plant Species Composition, Diversity, and Productivity of Alpine Grassland on Qinghai-Tibetan Plateau. Front. Plant Sci. 13:870613. doi: 10.3389/fpls.2022.870613
- [4] Kwaku, E. A., Dong, S., Shen, H., Li, W., Sha, W., Su, X., et al. (2021). Biomass and species diversity of different alpine plant communities respond differently to nitrogen deposition and experimental warming. Plants 10:2719. doi: 10.3390/plants10122719
- [5] Zhong Jiangrong. (2001). Study on urban earthquake economic loss, Institute of Engineering Mechanics, China Earthquake Administration
- [6] <https://www.dunya.com/sektorler/tarim/deprem-felaketi-tarimi-vurdu-zarar-24-milyar-liranin-uzerinde-haberi-688753> (Erişim Tarihi: 25.03.2023)
- [7] <https://www.turkiyegazetesi.com.tr/yasam/depremlerin-ardindan-turkiye-kac-metre-kaydi-turkiyede-yer-kabugu-mu-kaydi-yer-kabugu-kaymasi-nedir-949773>(Erişim Tarihi: 25.03.2023).
- [8] Anonim 2023. 2023 Kahramanmaraş and Hatay Earthquakes Report. T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı (Erişim Tarihi: 25.03.2023)
- [9] <https://www.sondakika.com/haber/haber-depremde-enkazdan-cikarilan-inekler-izmirde-12917331/> (Erişim Tarihi: 25.03.2023)
- [10] <https://www.lifebursa.com/ekonomi/balik-ihracatina-deprem-etkisi-432093> (Erişim Tarihi: 25.03.2023)
- [11] <https://www.aa.com.tr/tr/pg/foto-galeri/nurdaginda-deprem-nedeniyle-misir-ve-bugday-silolari-da-hasar-gordu> (Erişim Tarihi: 25.03.2023)
- [12] <https://www.dha.com.tr/video/depremde-tmonun-silolari-da-yikildi-tonlarca-misir-cevreye-sacildi-video-2207341> (Erişim Tarihi: 25.03.2023)
- [13] <https://www.indyturk.com/node/610341/d%C3%BCnya/el-pais-g%C3%B6%C3%A7-edem-depremzedeleri-yazd%C4%B1> (Erişim Tarihi: 25.03.2023)

BÖCEKLERDE HAYATTA KALMA STRATEJİLERİ

Doç. Dr. Mahmut İSLAMOĞLU

Adıyaman Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,

00000-0003-2835-4735

ÖZET

Dünyada en fazla türü bulunan canlı gruplarının başında böcekler gelir. Tanımlanmış bir milyondan fazla türü içerir ve bilinen tüm canlı organizmaların yarısından fazlasını böcekler oluşturmaktadır. Dünyada bulunan mevcut türlerin toplam sayısının altı ile on milyon arasında olduğu tahmin edilmektedir. Bu da dünyadaki hayvan yaşam formlarının potansiyel olarak % 90'ından fazlası böcekler oluşturduğu anlamına gelmektedir.

Tarımsal zararlı grubu içerisinde birçok böcekler yer almakla birlikte, böcekler insanlığa ve doğaya çeşitli şekillerde faydalı olmakta, böcekler olmasa insan hayatının da olmayacağı çeşitli araştırmalarda vurgulanmıştır. Böceklerin zararlı böcekleri kontrol altında tutmaları, birçok böceklerin ürünlerinin gıda olarak tüketmemiz, meyve ve sebzeleri tozlaştırmaları, sanitasyon hizmetleri bunlardan sadece birkaçıdır.

Böcekleri etkileyen birçok biyotik ve abiyotik faktörler bulunmakta ve böceklerin hayatta kalmalarını önemli ölçüde sınırlandırmaktadırlar. Böcekler bu faktörlere karşı üreme sırasında başlamak üzere birçok özel strateji uyguladıkları bu sayede nesillerini devam ettirdikleri görülmektedirler. Bu çalışmada özellikle tarımsal zararlı böceklerden örnekler verilerek zararlı böceklerin yüksek üreme güçleri, göç, diyapoz, partenogenez ve polimorfizm gibi hayatta kalma stratejileri ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Böcek, Hayatta kalma stratejileri, üreme, diyapoz

GİRİŞ

Biyoçeşitlilik, dünyadaki yaşam çeşitliliğini tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Bu terim aynı zamanda bir bölge veya ekosistemdeki tüm türlere atıfta bulunmak için daha spesifik olarak kullanılmaktadır. Biyoçeşitlilik, bitkiler, bakteriler, hayvanlar ve insanlar dahil olmak üzere dünya üzerinde yaşayan tüm canlıları ifade eder. Bilim adamları, var olan yaklaşık 8,7 5

BÖCEKLERDE HAYATTA KALMA STRATEJİLERİ

Dünyada en fazla türü bulunan canlı gruplarının başında böcekler gelir. Dünya üzerinde bu kadar bol miktarda bulunan böceklerin sayını sınırlandıran iki faktör etkilidir. Bunlardan birincisi abiyotik faktörler olup sıcak, nem ve ışık gibi faktörleri kapsar. Diğer ise doğal düşmanları da kapsayan biyotik faktörlerdir [1].

Doğal düşmanlar, zararlıların çoğalmalarını sınırlandıran, onlar üzerinde beslenen yâda onlar olmadan hayatlarını devam ettiremeyen organizmalara doğal düşman adı verilir. Doğal düşmanlar predatör, parazit yâda parazitoit olabilir [2].

Predatör böcekler, avını parçalayarak tüketen böceklere de predatör böcek adı verilir. Eklembacaklılar, akarlar, akrepler, omurgalılarından balıklar, amfibiler, sürüngenler, kuşlar ve memelilerdir predatör olabilir. Böceklerden predatör olan Carabidae ve Staphylinidae familyaları, avlarını hem larva hem de ergin aşamalarında avlayabilirler. Diğer predatör böcekler arasında, Tabanidae, Asilidae vb. gibi bazı Diptera familyalarının larvaları, Reduviidae, Phymatidae, Miridae gibi bazı hemipter böcekler yer alır [3].

Pek çok böcek türü, potansiyel predatörler tarafından tehdit edilmez. Böcekler bu tehditleri savuşturmak için çeşitli davranışlar geliştirmişlerdir. Bu davranışlar sonucunda böcekler doğal düşmanlardan kaçınırlar. Bu davranışlar ölü taklidi yapma, koşarak kaçma, ses çıkarma, çeşitli kimyasal madde püskürtme, kamüflaj ve çeşitli taklitlerdir[4,5].

Ölü taklidi yapma:

Böceklerin ölü taklidi yapması aslında savunma mekanizmasının bir parçası olup, böceğin saldırıya karşı savunma tepkisi olarak ölüm taklidi böceklerde çok yaygındır.



Görsel 1. Bazı böcek türleri ölü taklidi yaparak doğal düşmanlarından kaçınırlar 6

Tür içi ölüm taklidinin dikkate değer bir örneğini ateş karıncaları verilebilir. Son derece bölgesel tür olan *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae)'da komşu koloniler ile savaştıkları, en gençleri ölüm taklidi yaparlar. Çünkü bu bireyler nispeten yumuşak kütikülleri nedeniyle savaşta en savunmasız ve etkisiz grubu oluştururlar. Ancak savaş sona erip tehlike geçtikten sonra, önce etraflarına bakarlar ve tehlikenin geçtiğine kanaat getirdiklerinde ölü taklidi yapmaya son vererek harekete geçerler. Yapılan araştırmalarda bu bireylerin ölü taklidi yapmakla hayatta kalma şanslarını dört kat artırdığı belirlenmiştir [7].

Süne (*Eurygaster integriceps* Put. (Hemiptera; Scutelleridae) kışlaktan ovalara indiklerinde buğday bitkisinde beslenirler. Beslenme esnasında herhangi bir tehlike sezdiklerinde kendilerini aniden yere bırakarak toprak üstünde ölü taklidi yaparlar. Uzun süren bu taklitten sonra tehlikenin geçtiğinden emin olduklarında tekrar buğday bitkisine tırmanarak başaklarda beslenmesine devam eder [3,4].

Un biti *Tribolium castaneum* Herbst. (Coleoptera: Tenebrionidae) avcı örümcek *Hasarius adansoni* gibi yırtıcı bir hayvanla karşılaştıklarında ölü taklidi yaparlar. Yapılan deneylerde, ölüm taklidi yapma süresinin değişken ve kalıtsal olduğunu göstermiştir [8].

Koşarak Kaçma

Bütün böcekler bir dereceye kadar hareket eder. Hareket aralığı, bazı emici böcekler ve kanatsız yaprak bitleri için birkaç santimetreden çekirge, kelebek ve yusufçuk gibi diğer böcekler için binlerce kilometreye kadar değişebilir.



Görsel 2. Koşarak doğal düşmanlarından kaçan iki tür [9](#)

Özellikle bacak kasları iyi gelişmiş olan bazı böcek türleri (Blattidae ve Cicindellidae) doğal düşmanlarıyla karşılaştırıldığında sahip olduğu hızlı koşma özellikleri sayesinde düşmanlarından kaçarak kurtulurlar [\[10\]](#)

Uçarak Kaçma

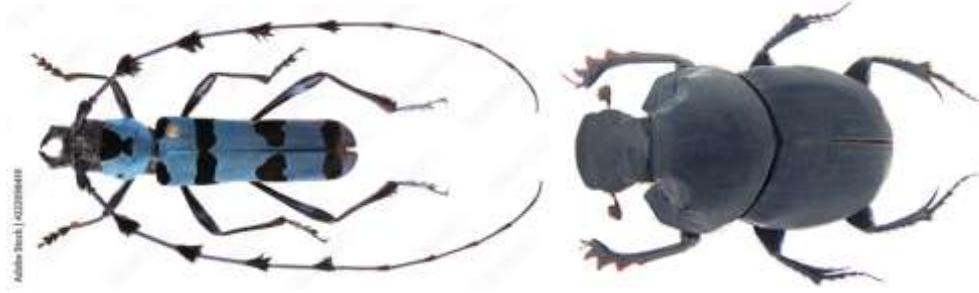


Görsel 3. Doğal düşmanlarından uçarak kaçan iki tür [11](#)

Kanatlı böceklerin en basit özelliklerinden biri de doğal düşmanlarından uçarak kaçmalar. Özellikle kanatlara sahip olan böcekler doğal düşmanlarını gördüklerinde yâda saldırıya uğradıklarında hemen bulundukları bölgeden uçarak kaçmalar [\[5,6\]](#).

Ses Çıkarma:

Bazı Hemiptera takımı böceklerin Pentatomidae familyası, Gübre böcekleri (Coleoptera; Scarabaeidae), Boynuzlu böcekler (Coleoptera: Cerambycidae), Karıncalar (Hymenoptera: Formicidae) gibi birçok böcek) rahatsız edildiğinde veya dokunulduğunda, çoğu durumda vücudun bir bölümünü başka bir parçaya sürterek veya titreştirerek hırıltı, vızıltı veya tıslama sesleri çıkarır [\[4,5\]](#).

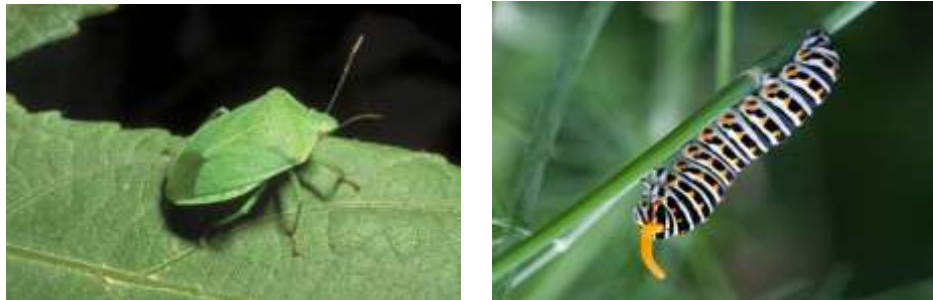


Görsel 4. Ses çıkarak doğal düşmanlarını kaçıran iki tür [12](#)

Acherontia sp. güveleri (Lepidoptera; Sphingidae) rahatsız edildiğinde hortumdan (ağız parçaları) havayı doğru tiz bir gıcırta sesi çıkartırlar. Bazı hamam böceği türleri (*Gromphadorhina portentosa*), bir çift karın solunum gözeneklerinden havayı dışarı atarak tıslama sesi çıkarabilir [\[7, 8\]](#).

Kimyasal Madde Püskürtme

Bazı böcekler kötü bir koku veya kötü bir tat, salgılayarak potansiyel bir predatörü caydırabilirler. Örneğin Hemipter böceklerden *Nezara viridula* L. (Hemiptera: Pentatomidae) (bunlara genellikle pis böcekler olarak adlandırılır)'in, göğüs kafesinde veya karında bulunan ve kötü kokulu hidrokarbonlar üreten özel bezlere sahiptir. Bu kimyasallar beze bitişik küçük bir kesede birikir ve ihtiyaç duyulduğunda vücut yüzeyine salınır [\[10\]](#).



Görsel 5. Kimyasal madde püskürterek doğal düşmanlarını kaçıran iki tür [13](#)

Bazı kırlangıçkuyruğu keleklerinin (Lepidoptera; Papilionidae) larvaları, başın hemen arkasında bulunan osmeteria adı verilen ters çevrilebilir bezlere sahiptir. Bir tırtıl rahatsız edildiğinde, itici bir buhar salmak için osmeteria'yı ters çevirir ve davetsiz misafirleri savuşturmak için vücudunu ileri geri sallar [\[10\]](#).

Bazı yaprak böceklerinin (Coleoptera: Chrysomelidae) larvaları kendilerini kendi sümüksü, siyah dışkılarıyla kaplar böylece tatsız ve iştah kaçırıcı bir görüntü oluşturur. *Oulema melanopus* L. (Coleoptera: Chrysomelidae) larvaları dışkılarını sırtlarında oluşturdukları kese içerisinde taşır. Böylece doğal düşmanlarına karşı iştah kaçırıcı yenilmeyen bir görüntü oluşturur [\[7,8\]](#).



Görsel 7. İştah kaçırıcı bir görüntü oluşturarak doğal düşmanlarını kaçıran iki tür **14**

Böceklerde bulunan bazı tahriş edici bileşikler genellikle böceğin kaçması için yeterli zamanı oluşturarak böceğin kaçmasına fırsat verir. Bazı Meloidae böceklerde (Coleoptera; Meloidae), hemolimflerinde dolaşan güçlü bir tahriş edici ve kabartma maddesi olan cantharidin üretir. Bu madde böcek rahatsız edildiğinde veya tehdit edildiğinde böceğin bacak eklemlerinden sızar [15]. Staphylinidae familyası bireylerde (Coleoptera; Staphylinidae), karın ucundan tahriş edici bir sprey veya buhar salgırlar. Bombardıman böcekleri (Coleoptera; Carabidae), çok özel güçlendirilmiş karın bezlerinde kimyasal maddeler depolar. Böcekler tehdit edildiğinde, bu öncüller, sesli bir patlama ile birlikte kaynayan sıcak kinon ve su buharını fırlatarak avcılarını kaçıtır [16].

Kamuflaj

Bazı böcekler çubuk, yaprak ve diken gibi görünüm alırlar. Bu şekilde çevrelerine benzeyen böcekler, kuşlar ve kertenkeleler gibi yırtıcı hayvanlar tarafından görülmeyecektir. Bu tür bir kamuflaj, böceklerin saklandıklarını, görülmemelerini sağlayarak böceklerin hayatta kalmalarına yardımcı olur [17].



Görsel 8. Kendilerini çevresine benzeterek doğal düşmanlardan korunan böcekler **18**

Bazı Geometridae (Lepidoptera.) larvalarıyla bazı Phasmidae türleri bitkilerin dal ve sürgünlerine büyük benzerlik göstermesi kamuflaja önemli örneklerdir. Bazı Tettigoniidae ve Lepidoptera türleri yaprağa benzer. Örneğin Kallima spp. kanatlarını kapayınca tıpkı kuru bir yaprağı andırması diğer bir örnek olarak verilebilir. Membracidae familyası türleri pronotum'larında bulunan dikenimsi bir çıkıntı sayesinde gül dikenlerine büyük benzerlik gösterir [15,17].

Taklit

Korunma mekanizmasına sahip olmayan ve doğal düşmanları tarafından yenilmek üzere tercih edilen bazı böceklerin, doğal düşmanlarının tercih etmediği ve koruma mekanizmasına sahip

türler taklit yaparak hayatta kalabilirler. Ayrıca bazı böcekler sahip oldukları bazı morfolojik özellikleriyle yenmez, tatsız ve yenildiği takdirde yiyeceğe zarar verebilecek bir görünüme sahip olarak doğal düşmanlardan kaçınırlar [1,4,7].



Şekil 9. Doğal düşmanların tercih etmediği türlere taklit eden iki tür 19

Aktif saldırı

Tehlikelerle karşı karşıya kalan bazı böcek türleri sahip olduğu bazı korunma silahlarıyla kendilerini doğal düşmanlarından fiili olarak korurlar. Örneğin: -Karıncalar ve termitler sahip oldukları kuvvetli mandibulaları yardımıyla düşmanlarına saldırır [20,21,22].



Görsel 10. Doğal düşmanlarına saldırarak korunan iki tür 23

Bal arıları, Eşek arıları ve diğer bazı böcekler sahip oldukları zehir iğneleriyle kendine saldıran düşmanlarını etkisiz hale getirir.

SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Böcekler dünyadaki tüm canlı grupları içerisinde en çok türü ve en fazla olanı canlı grubudur. Şimdiye kadar kaydedilen böcek türlerinin sayısı 1.200.000'nin üzerindedir ve daha pek çoğu henüz tanımlanmamıştır. Böceklerin bu kadar büyük popülasyon oluşturmaları, dünya üzerinde hemen hemen her yerde bulunmaları üreme gücünün yüksek olmasına ve hayatta kalma stratejilerinin mükemmel olması ile mümkün olmaktadır [1]. Eğer tüm böcekler üreme ve hayatta kalma stratejilerini kullanamaz ve aniden ortadan kaybolursa, insanlık ve diğer canlı organizmalar hayatta kalmaları da mümkün görülmemektedir. İnsanlık böceklerin ürettiği birçok üründen doğrudan faydalanmaktadır [24]. Örneğin, arılardan bal ve balmumu, ipek

böceklerinden ise ipek üretimini sağlarlar. Birçok çiçek ve meyvenin döllenmesi böcekler tarafından yapılmaktadır ve insanlığa dolaylı olarak fayda sağlamaktadır. Böceklerin sağladığı bu dolaylı faydaların insanlığın hayatta kalmasında belki de daha da önemli olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] Gaston, K. J. (2010). Biodiversity, Conservation Biology for All (Ed. Sodhi, N.S. ve Ehrlich, P.R.). Oxford University Press Inc., New York.
- [2] Whittaker, R. H. (1972). Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21, 213–251.
- [3] Dingle H, Zalucki M, Rochester WA. Season-specific directional movement in migratory Australian Butterflies. *Australian Journal of Entomology*. 1999; 38:323-329. doi:10.1046/j.1440-6055.1999.00117.x
- [4] Gillott C. *Entomology* (2 ed.). New York: Plenum Press. 1995, 546-550.
- [5] Wilson, M. V. & Shmida, A. (1984). Measuring beta diversity with presence-absence data. *Journal of Ecology*, 72, 1055–1064.
- [6] <https://slideplayer.biz.tr/slide/1933682/>
- [7] Bates HW. Contributions to an insect fauna of the Amazon valley: Lepidoptera: Heliconidae. *Trans. Linn. Soc. London*. 1862; 23:495-566.
- [8] Maekawa K, Matsumoto T, Nalepa, CA. Social biology of the wood-feeding cockroach genus *Salganea* (Dictyoptera, Blaberida, Panesthiinae): did ovoviviparity prevent the evolution of eusociality in the lineage? *Insectes Sociaux*, 2008; 55: 107-114.
- [9] <https://www.thoughtco.com/cockroaches-order-blattodea-1968530>
- [10] Nalepa CA, Bell WJ. Postoviposition parental investment and parental care in cockroaches. In: Choe, J. C. and Crespi, B. J. Editors. *The Evolution of Social Behavior in Insects and Arachnids*. Cambridge University Press, 1997; Pp. 26-51.
- [11]- <https://housemanservices.com/blog/insect-spotlight-damselflies/>
- [12] <https://ekog.org/2020/10/08/bir-antik-misir-efsanesi-kutsal-bok-bocegi/>
- [13] <https://www.istockphoto.com/tr/foto%C4%9Fraf/nezara-viridula-gm510406284-86236573>
- [14] <https://www.entofito.com/bugdayda-ekin-yaprak-sulugu/oulema-melanopus/>
- [15] Shimada K, Maekawa K. Description of the basic features of parent-offspring stomodeal trophallaxis in the subsocial woodfeeding cockroach *Salganea esakii* (Dictyoptera, Blaberidae, Panesthiinae). *Entomological Science*, 2011; 14: 9-12
- [16] Gullan PJ, Cranston PS. *The Insects: an Outline of Entomology* (3 ed.). Malden, MA: Blackwell Publishing. 2005, pp. 210-215
- [17] Maginnis TL. Autotomy in a stick insect (Insecta: Phasmida): predation versus moulting. *Florida Entomologist*. 2008; 91(1):126-127.

- [18] <https://halktv.com.tr/kultur-sanat/dunya-bu-bocekleri-konusuyor-299652h>
- [19] <https://benimhayvanlarim.com/hayvanlar/vahsi-hayvanlar-hayvanlar/boceklerde-kamuflej-usta/>
- [20] Pasteels JM, Gregoire JC, Rowell MR. The chemical ecology of defence in arthropods Annual Review of Entomology. 1983; 28:263-289.
- [21] Carroll SB. How great wings can look alike. Science. 2011; 333:1100-1101.
- [22] McEwen PK, New TR, Whittington AE. Lacewings in the Crop Environment, Cambridge Univ Press, Cambridge, UK. 2001.
- [23] <https://www.atlasdergisi.com/kesfet/doga-cografya-haberleri/termit-kulesinin-havalandirma-sistemi.html>
- [24] Eisner T, Hicks K, Eisner M, Robson DS. Wolf in sheep's clothing, strategy of a predaceous insect larva. Science. 1978; 199:790-794.

MİKROBİYAL SÜRFAKTANLARIN (BİYOSÜRFAKTANLARIN) TARIMDA KULLANIMI

Dr. Öğr. Üyesi Meltem AVAN

Adıyaman Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Adıyaman Türkiye

ORCID: 0000-0002-2939-8177

ÖZET

Dünyada ve ülkemizde artan insan nüfusunun taleplerini karşılayabilmek için tarımsal verimliliğin sürekliliği büyük bir endişe konusu olmaktadır. Sürdürülebilir bir tarım yapmak için yeşil bileşiklerin kullanılması günümüzün için oldukça gerekli hale gelmiştir. Funguslar, bakteriler ve mayalar gibi mikroorganizmalar tarafından üretilen mikrobiyal sürfaktanlar (biyosürfaktanlar) yeşil sürfaktanlar olarak işlev yapan yüzey aktif molekülleridir. Aralarında *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida antartica*, *Bacillus* sp. ve *Acinetobacter* sp.' nin de bulunduğu çeşitli mikroorganizmalar tarafından üretilmektedir. Daha az toksik ve çevre dostu olan biyosürfaktanlar, farmasötik, kozmetik ve gıda endüstrilerinde kullanılmaları için ticari olarak üretilme potansiyeline sahip bileşiklerdir. Tarımda biyosürfaktanlar, bitki patojenlerinin yok edilmesi ve bitkilerle ilişkili yararlı mikroorganizmalar için besinlerin biyolojik olarak faydasının artırılması amacıyla kullanılmakla birlikte toprakta ıslahını sağlayarak toprak kalitesini iyileştirmede kullanılan bu bileşikler tarım endüstrisinde oldukça umut verici bir role sahip bulunmaktadır.

Anahtar kelimeler: Biyosürfaktanlar, Pestisitler, Bitki patojenleri, Sürdürülebilir tarım, İyileştirme

AGRICULTURAL USE OF MICROBIAL SURFACTANTS (BIOSURFACTANTS)

ABSTRACT

In order to meet the demands of the increasing human population in the world and in our country, the continuity of agricultural productivity is a matter of great concern. The use of green compounds for sustainable agriculture has become very necessary today. Microbial surfactants (biosurfactants) produced by microorganisms such as fungi, bacteria and yeasts are surfactant molecules that act as green surfactants. Among them, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida antartica*, *Bacillus* sp. and *Acinetobacter* sp. can be produced by various microorganisms. Less toxic and environmentally friendly, biosurfactants are compounds that have the potential to be produced commercially for use in the pharmaceutical, cosmetic and food industries. In agriculture, biosurfactants are used to destroy plant pathogens and increase the biological usefulness of nutrients for beneficial microorganisms associated with plants.

Keywords: Biosurfactants, Pesticides, Plant pathogens, Sustainable agriculture, Remediation

1. GİRİŞ

İnsan nüfusunun sürekli artan gıda talebini karşılamak için tarımsal verimliliğin artması tüm dünyayı ilgilendiren bir konu haline gelmiştir. Tarımda bitkisel üretim hem insan beslenmesine hem de hayvansal üretime olan katkılarından dolayı oldukça önemlidir. Bitkisel üretimde birçok hastalık ve zararlılar biyotik faktörler olarak çevresel faktörler, toprak faktörleri, atmosferdeki zehirli gazlar ve hatalı tarımsal uygulamalar gibi etkenler de cansız faktörler olarak hem verimde hem de kalitede önemli kayıplarına neden olmaktadır [1]. Bitkisel üretimdeki bu kayıpları azaltmak ya da yok etmek amaçlı yoğun bir kimyasal gübre ve pestisit kullanımı gerçekleştirilmektedir. Bu kullanımlardan yola çıkarak topraklar, yer altı suları ve atmosferde gittikçe çoğalan kirlilik tüm canlıların sağlığını, çevreye büyük oranda zarar vermektedir [2,3,4]. Bununla beraber sürdürülebilir tarımı ve gıda güvenliği açısından da büyük tehditler oluşturmaktadır [5]. Bu nedenle çevre dostu kontrol yöntemlerine ilgi son zamanlar daha da çok artmıştır.

Rizosferde bulunan birçok mikroorganizma, bitkiler üzerinde faydalı etkileri olan bir ilişkileri vardır ve bu rizobakterilerin bitki gelişimine yardımcı olduğu çeşitli çalışmalara rastlanmıştır [6,7,8].

Birçok ticari sektörde var olan çeşitli fonksiyonel özelliklere sahip olan sürfaktanlar, tarımsal alanlarda da tercih edilmektedir. Deleu ve Paquot 2004 [9] yılında yapmış oldukları çalışmalarında bitki koruma ve zirai ilaç formülasyonlarında yaklaşık 0,2 milyon ton sürfaktan kullanıldığı bildirmişlerdir. Bazı çalışmalar da yeşil sürfaktan olarak isimlendirilen mikroorganizmalardan elde edilen biyosürfaktanların avantajlarından bahsetmişlerdir. Tarımda biyosürfaktanların uygulanmasını ifade eden az sayıda çalışma bulunmaktadır.

Biyosürfaktanlar, fungus, bakteri ve mayalar tarafından yaygın olarak üretilen düşük moleküler ağırlıklı yüzey aktif bileşiklerdir. Canlı yüzeylerde, çoğunlukla mikrobiyal hücre yüzeylerinde veya salgılanan hücre dışı hidrofobik ve hidrofilik kısımlarda üretilen amfifilik bileşiklerdir, hava/su arayüzeylerinde yüzey gerilimini ve yağ/su arayüzeylerinde arayüzey gerilimini azaltmaktadır [10,11,12]. Kimyasal sürfaktanlarla aynı mekanizmaları kullanmaktadır [13,14].

Biyosürfaktanlar temel olarak kimyasal yapılarına ve mikrobiyal kökenlerine göre sınıflandırılır. Biyosürfaktanların ana sınıfları glikolipidler, fosfolipidler, polimerik biyosürfaktanlar ve lipopeptitlerdir (sürfaktin). En iyi bilinen glikolipidler rhamnolipidler, soforolipidler ve trehalolipidlerdir [15,14].

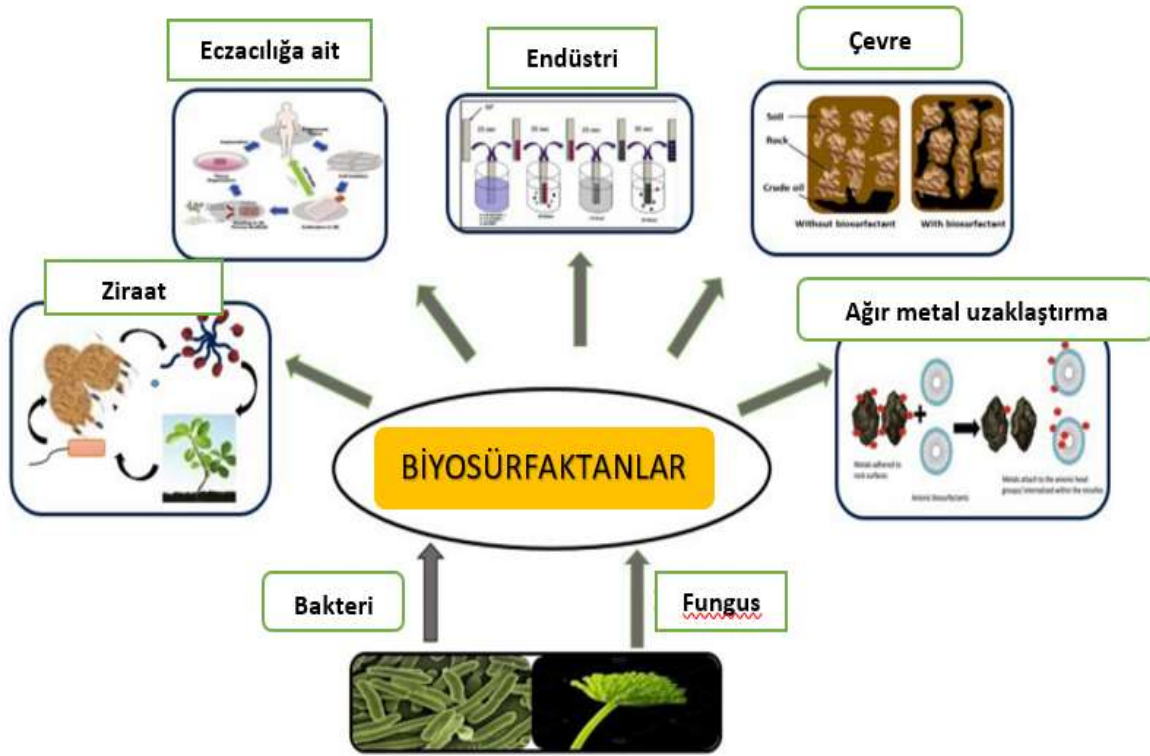
Fiziko-kimyasal özelliklerine göre glikolipidler, lipopeptitler, nötr lipidler, fosfolipitler, yağ asitleri ve polimerik olarak belirtilen farklı biyosürfaktan türleri olarak da bazı araştırmacılara göre kategorize edilmiştir [16,17,18].

Biyosürfaktanlar yenilenebilir kaynaklardan elde edilen, düşük toksik veya toksik olmayan, biyolojik olarak parçalanabilen, iyi bir yüzey aktivitesi sergileyebilen, yüksek özgülüğe sahip olan, ekstrem koşullar altında etkinlik gösterebilen ve sentetik sürfaktanlara oranla rejenerasyon yoluyla da tekrar kullanılabilen, ticari olarak da kullanabilen bileşiklerdir [19, 20,21].

Biyosürfaktanlar ilaç, kozmetik, petrol ve gıda endüstrilerinde uygulanma potansiyeli barındırmaktadır [12,22].

Güçlü bir lipopeptit biyosürfaktan olan “surfaktin” antifungal, antiviral, antitümör, insektisidal ve antimikoplazma aktiviteleri göstermiştir. Sürfaktin ayrıca toprak ve suyun arıtılması için biyoremediasyon ajanı olarak da kullanılabilmektedir [23]. Son çalışmalarla birlikte nanopartiküllerin üretimi için biyosürfaktan ve biyosürfaktan üreten mikroorganizmalar kullanılmaktadır ve yeşil kimyanın bir parçası olarak adlandırılmaktadır [24]. Biyosürfaktanlar, hastalık teşhisinde, ilaçlar ve genler için dağıtım sistemlerinde, moleküler görüntüleme için dağıtım sistemlerinde, uygun maliyetli su arıtma ve atık su arıtımında kullanılmakta olan biyosürfaktanlar, biyoteknoloji ve insanlık için oldukça faydalı bir araç olarak kabul edilmiştir [25,26]. (Görsel 1).

Başta *Pseudomonas* spp., *Acinetobacter* spp., *Bacillus* spp. ve *Candida* spp. olmak üzere biyosürfektan üreten mikroorganizmalar, biyosürfektan türleri, biyosürfektanın üretim süreci ve endüstriyel uygulaması ile ilgili çeşitli patentler alınmıştır [27].



Görsel 1. Biyosürfaktanların tarımda kullanımı [28]

2. BİYOSÜRFAKTANLARIN TARIMLA İLGİLİ UYGULAMALARI

Mikrobiyal kaynaklı biyosürfaktanlar kimyasal sürfaktanlara göre daha fazla avantajı olarak tespit edilmiştir. Biyosürfaktanlar, antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu için tarım toprağının kalitesini iyileştirmede, kirleticilerin biyolojik ayrışmasının arttırılmasında için tarımla ilgili alanlarda yaygın olarak kullanılabilmektedir. Bu sürfaktanların toprakta yaşayan mikroorganizmalar tarafından karbon kaynağı olarak kullanıldığı için, bu biyosürfaktanlar şu anda pestisit endüstrilerinde kullanılan sert sürfaktanların yerini alabileceği bildirilmiştir [29,30,31].

Tarımda, iyi ıslanabilirlik elde etmede, gübrenin toprakta eşit dağılımını sağlamada, depolama sırasında bazı gübrelerin topaklanmasını önlemede, ağır toprakların hidrofilizasyonunda, toksik maddelerin pestisitlere yayılmasını ve penetrasyonunu sağlamada sürfaktanlar kullanılmaktadır [15].

2.1. Biyosürfaktanların Bitki Patojenleri İle Mücadelede Kullanımı

Mikroorganizmalardan elde edilen bazı biyosürfaktanların, bitki patojenlerine karşı antimikrobiyal aktiviteye sahip olmasından dolayı bir biyokontrol molekülü olarak kabul edilmiştir. Rizobakteriler tarafından üretilen biyosürfaktanların antagonist özelliklere sahip olduğu bilinmektedir [33].

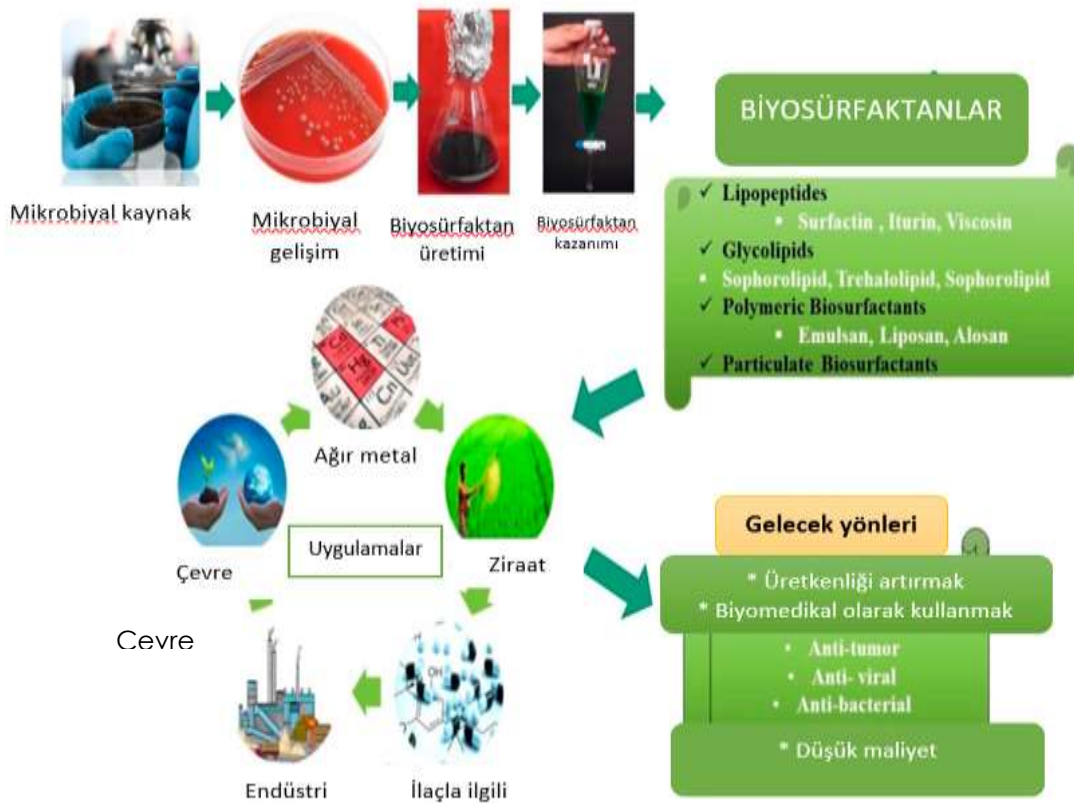
Sürfaktanlar parazitizm, antibiyoz, rekabet, uyarılmış sistemik direnç ve hipovirülans gibi bitki gelişimini teşvik eden mikrororganizmaların biyo-kontrol mekanizmasını da kolaylaştırır [13] ve antagonistik aktivitelerini artırır [34,35], funguslar (*Myrothecium verrucaria*) ile birlikte kullanılarak tarlada verimliliği olumsuz etkileyen yabancı ot türlerinin yok edilmesinde ve *Aspergillus* sp. tarafından üretilen aflatoksin üretimini engellemede kullanılmaktadır [36].

Hem sentetik hem de biyolojik olan sürfaktanlar bitki patojenlerinin doğrudan veya dolaylı olarak yok edilmesinde kullanılmaktadır. *Pseudomonas* ve *Bacillus*'un rizosferik izolatlarını üreten biyosürfaktan, *Pectobacterium* ve *Dickeya* spp.'nin neden olduğu yumuşak çürüklüğün engellenmesinde rol oynamıştır [37].

Bir araştırmada Rhamnolipidlerin, ticari kimyasal pestisitlere karşı direnç kazanmış zoospor oluşturan bitki patojenlerinin gelişimine engel olduğunu gösterirken [38], [39]; diğer bir araştırmada da bitki bağışıklığını uyarabildiğini göstermiştir [40]. Yine rhamnolipid'in böcek öldürücü bir bileşik olduğunu da ortaya koymuştur. Kim ve ark. 2011 yılında [39], yeşil şeftali yaprak bitine (*Myzus persicae*) karşı *Pseudomonas* türünden bir biyosürfaktan izole etmişlerdir. Ayrıca, rhamnolipid biyosürfaktanlara maruz kalmanın insanlar veya çevreler üzerinde herhangi bir olumsuz etkisi tespit edilmemiştir. Fengisinlerin antifungal aktiviteye sahip olduğu için bitki hastalıklarının biyolojik kontrolünde kullanılabileceği bildirilmektedir [41]. Birkaç bakteri tarafından üretilen lipopeptit biyosürfaktanların, meyve sineği *Drosophila melanogaster*'a karşı insektisit olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir [23].

Bitki gelişimini teşvik eden *Pseudomonas putida*, hıyarlarda çökerten etmeni olan *Phytophthora capsici*'nin zoosporlarının parçalanmasına neden olabilen biyosürfaktanlar üretirken [42], *Bacillus*'lar tarafından üretilen lipopeptit biyosürfaktanları, *Fusarium* türleri, *Aspergillus* türleri ve *Biopolaris sorokiniana* gibi patojenlerin gelişimini engellemektedir [43]. *Brevibacillus brevis* suşu HOB1 fitopatojenlerin kontrolünde kullanılabilecek güçlü antibakteriyel ve antifungal özellik gösteren sürfaktanlar üretirken [44], *Pseudomonas fluorescens* suşları tarafından üretilen biyosürfaktanın antifungal özellikleri olduğu tespit edilmiştir [45]. Hultberg ve ark. 2008 yılında [46], biyosürfaktan üretme kabiliyetine sahip floresan *pseudomonas*ların, *Pythium ultimum*, *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora cryptogea* gibi patojenlerin gelişimini durdurabildiğini ifade etmişlerdir. Bitki patojenlerinden biri olan *Pseudomonas aeruginosa*'nın, ham petrolle kirlenmiş topraktan izole edilen *Staphylococcus* sp. tarafından üretilen biyosürfaktan tarafından durdurulduğu bildirilmiştir [47].

Pseudomonas sp., *Verticillium microsclerotia*'ya karşı biyokontrol ajanları olarak rapor edilirken [48], *Pseudomonas* sp. tensin, viskozin ve viskozinamid üretimi ile *Rhizoctonia solani* ve *Phythium ultimum* gelişimine engel olmaktadır [49]. Toprakta izole edilen *Bacillus subtilis* üreten biyosüpfaktan, *Colletotrichum gloeosporioides* patojenini kontrol ettiği bildirilmiştir [50] (Görsel 2).



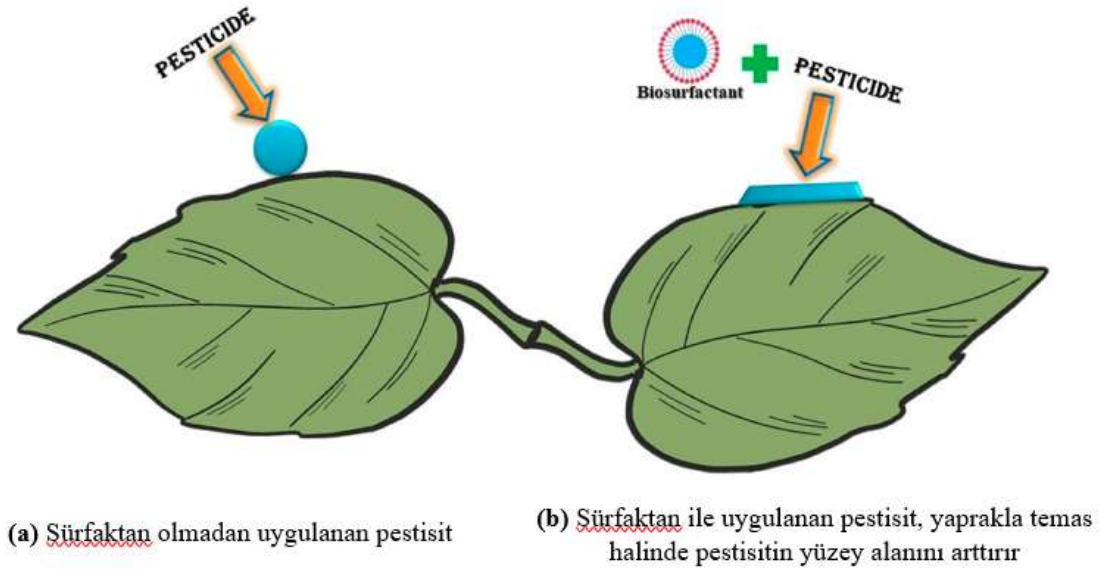
Görsel 2. Mikroorganizmalardan elde edilen biyosüpfaktanların endüstriyel ve tıbbi uygulamalarını kullanan biyosüpfaktan üretiminin genel gösterimi [32].

2.2. Biyosüpfaktanların Pestisit Endüstrilerindeki Rolü

Pestisit kalıntılarının yıllar boyunca toprakta, havada ve suda da yayılmakta, meyve ve sebzeler gibi bitki koruma ürünlerinin yüzeylerinde de birikmektedir [51].

Pestisit endüstrilerinde kullanılan sentetik süpfaktan, emülsifiye edici, dağıtıcı, yayıcı ve ıslatıcı madde olarak hareket etmekte ve pestisitlerin etkinliğini artırmaktadır [52]. Bu nedenle birçok süpfaktan, pestisitlerin formülasyonunda ve birçok pestisitün üretiminde kullanılmaktadır [53]. Pestisit formülasyonlarında bulunan süpfaktanlar, toprakta birikmekte, bitkinin dokusunu, rengini ve gelişimini etkilemekte ve topraktan yeraltı sularına sızmaktadır [54]. Pestisit

endüstrilerinde kirliliği önlemek için çevre açısından güvenli biyosürfaktanların kullanılmasına ihtiyaç duyulmaktadır [55].



Görsel 3. Sürfaktanların yaprak yüzeyleri üzerindeki etkisinin şekilsel anlatımı (a) Sürfaktan olmadan uygulanan pestisit; (b) Yaprakla temas halinde pestisit yüzey alanını artıran bir sürfaktan ile uygulanan pestisit [56]

2.3. Toprak Kalitesinin İyileştirilmesinde Biyosürfaktanların Kullanımı

Tarım arazisinin sürekli olarak kullanımı nedeniyle yetiştiriciliği yapılan bitkiler üzerinde abiyotik strese neden olan organik ve inorganik kirlenmeler bitki gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir. Hidrokarbon ve ağır metallerle kirlenmiş bu tür toprakların kalitesini artırmak için biyoremediasyon işlemi yapılması gerekmektedir. Biyosürfaktanlar ve/veya biyosürfaktan üreten mikroorganizmalar, ağır metallerin ve hidrokarbonların yok edilmesi için de etkili bir şekilde kullanılabileceği araştırmacılar tarafından tespit edilmiştir [57].

Sürfaktanlar tarım topraklarında biriken bazı kimyasal insektisitlerin bozunmasını da artırabilmektedir [58,59]. Sürfaktinlerin pestisit biyolojik bozunması [60] ve glikolipitlerin klorlu hidrokarbonun bozulması [61] hakkında ve *Lactobacillus pentosus*'tan elde edilen biyosürfaktanın, topraktan %58.6 - %62.8 oktan hidrokarbon azaltımı hakkında çalışmalar bulunmaktadır [62].

Pseudomonas sp., *Bacillus* sp. ve *Acinetobacter* sp. tarafından üretilen biyosürfaktanların ağır metallerin kirlenmiş topraktan uzaklaştırılması ve pestisitlerin biyodegradasyonunun hızlandırılması ile ilgili [63,18] ve *Pseudomonas* türleri tarafından üretilen Rhamnolipid biyosürfaktanın topraktan toksik metalleri uzaklaştırdığı dair [64] çalışmalar bulunmaktadır. Petrolle kirlenmiş topraktan izole edilen biyosürfaktan üreten bir *Burkholderia* türünün, çeşitli pestisit kontaminasyonunun biyolojik ıslahı için kullanılabileceği tespit edilmiştir [65].

Birçok araştırmacı topraktan organik çözünmeyen kirleticilerin uzaklaştırılmasında, biyosüpfaktanın etkinliğinin sentetik süpfaktanlara göre daha fazla olduğunu gözlemlemiştir [17,66,67].

Biyosüpfaktanların, toprak kalitesini artırmak için tarım toprağına uygulanabilir olduğu görülmektedir. Ancak biyosüpfaktan üretiminin yüksek maliyeti nedeniyle, uygulanmalar kısıtlanmaktadır [62].

3. SONUÇLAR

Funguslar, bakteriler ve mayalar tarafından üretilen biyosüpfaktanlar, ticari olarak büyük ölçeklerde üretilme potansiyelleri, düşük toksisiteleri ve yüksek biyobozunurlukları nedeniyle oldukça tercih edilmekte olan çok yönlü moleküllerdir. Çevre dostu bu süpfaktanların hem tarım sektöründe hem de zirai kimya endüstrilerinde kullanımı bulunmakta iken kullanımı da halen yeterli sıklıkta değildir. Rizosferde biyosüpfaktanların ve biyosüpfaktan üreten bakterilerin çok miktarda bulunması, sürdürülebilir tarım için oldukça önemlidir. Çeşitli türler tarafından sentezlenen süpfaktanlar arasında ve hatta cinsler arasında bazı dikkate değer benzerlikler bulunabilir. Örneğin, birçok *Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp. genetik ve yapısal olarak birbirine oldukça benzer yapıda ve biyolojik aktivitede süpfaktan maddeler üretmektedir. Tarımda birçok ticari sektörde büyük ölçüde kullanılan sentetik süpfaktanların olumsuz etkilerini önlemek için; biyosüpfaktan maliyetleri, tarladaki etkinlikleri ve bileşiklerin saflığı konusunu geliştirebilmek için araştırmaları çoğaltılmalıdır. Çevre dostu biyosüpfaktanları Entegre Mücadele Yönetiminin biyokontrol çözümleri olarak bir parçası olarak görülmesi uygun olacaktır.

KAYNAKÇA

- [1] Agrios, G. N. Plant pathology. Academic Press., 2005.
- [2] Davis, J. R., Brownson, R. C., Garcia, R., Bentz, B. J., ve Turner, A. Family pesticide use and childhood brain cancer. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 24 (1): 87-92, 1993.
- [3] Shim, Y. K., Mlynarek, S. P., ve van Wijngaarden, E. Parental Exposure to Pesticides and Childhood brain cancer: US Atlantic Coast Childhood Brain Cancer Study. Environmental Health Perspectives, 117 (6): 1002-1006, 2009.
- [4] Huang, W. L., He, Y. F., Xiao, J. F., Huang, Y. N., Li, A., He, M. R., ve Wu, K. S. Risk of breast cancer and adipose tissue concentrations of polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides: a hospital-based case-control study in Chinese women. Environmental Science and Pollution Research, 26 (31): 32128-32136, 2019.
- [5] Kafaei, R., Arfaeina, H., Savari, A., Mahmoodi, M., Rezaei, M., Rayani, M., Sorial, G.A., Fattahi, N., ve Ramavandi, B. Organochlorine pesticides contamination in agricultural soils of southern Iran. Chemosphere, 240, 2019.
- [6] Zahir, Z.A., Arshad, M., William, T., Frankenberger, W.T. Jr. Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. Adv Agron 81:97–168, 2004.
- [7] Glick, B.R., Todorovic, B., Czarny, J., Cheng, Z., Duan, J., McConkey, B. Promotion

- of plant growth by bacterial ACC deaminase. *Crit Rev Plant Sci* 26:227–242, 2007.
- [8] Gamalero, E., Glick, B.R. Mechanisms Used by Plant Growthpromoting Bacteria Chapter 2. In: Maheshwari DK (ed) *Bacteria in Agrobiolgy: Plant Nutrient Management*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp 17–46, 2011.
 - [9] Deleu, M., Paquot, M. From renewable vegetables resources to microorganisms: new trends in surfactant. *CR Chimie* 7:641–646, 2004.
 - [10] Cunha, C. D., Do Rosario, M., Rosado, A. S., & Leite, S. G. F. *Serratia* sp. SVGG16: a promising biosurfactant producer isolated from tropical soil during growth with ethanol-blended gasoline. *Process Biochemistry*, 39(12), 2277–2282, 2004.
 - [11] Satpute, S.K., Banpurkar, A.G., Dhakephalkar, P.K., Banat, I.M., Chopade, B.A. Methods for investigating biosurfactants and bioemulsifiers: a review. *Crit Rev Biotechnol* 30(2):127–144, 2010.
 - [12] Banat, I.M., Franzetti, A., Gandolfi, I., Bestetti, G., Martinotti, M.G., Fracchi, a L., Smyth, T.J., Marchant, R. Microbial biosurfactants production, applications and future potential. *Appl Microbiol Biotechnol* 87:427–444, 2010.
 - [13] Singh, A., Van Hamme, J. D., and Ward, O. P. Surfactants in microbiology and biotechnology: Part 2. Application aspects. *Biotechnology advances*, 25(1), 99–121, 2007.
 - [14] Yin, J., He, F., Qiu, G., He, K., Tian, J., Zhang, W., ... & Liu, J. Characteristics of leaf areas of plantations in semiarid hills and gully loess regions. *Frontiers of Forestry in China*, 4, 351–357, 2009.
 - [15] Makkar, R. S., & Rockne, K. J. Comparison of synthetic surfactants and biosurfactants in enhancing biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 22(10), 2280–2292, 2003.
 - [16] Amaral, P.F., Coelho, M.A., Marrucho, I.M., Coutinho, J.A. Biosurfactants from yeasts characteristics, production and application. *Adv Exp Med Biol* 672:236–249, 2010.
 - [17] Cameotra, S.S., Bollag, J.M. Biosurfactant-enhanced bioremediation of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Crit Rev Environ Sci Technol* 30:111–126, 2003.
 - [18] Pacwa-Plociniczak, P.G.A., Piotrowska-Seget, Z., Cameotra, S.S. Environmental applications of biosurfactants: recent advances. *Int J Mol Sci* 12:633–654, 2011.
 - [19] Koglin, A, Doetsch, V., Bernhard, F. Molecular engineering aspects for the production of new and modified biosurfactants. *Adv Exp Med Biol* 672:158–169, 2010.
 - [20] Xu, Q., Nakajima, M., Liu, Z., Shiina, T. Biosurfactants for microbubble preparation and application. *Int J Mol Sci* 12:462–4, 2011.
 - [21] Lima, T.M., Procópio, L.C., Brandão, F.D., Carvalho, A.M., Tótola, M.R., Borges, A.C. Biodegradability of bacterial surfactants. *Biodegradation* 22:585–592, 2011.
 - [22] Das, K., Mukherjee, A.K. Crude petroleum-oil biodegradation efficiency of *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas aeruginosa* strains isolated from a petroleum-oil contaminated soil from North-East India. *Bioresour Technol* 98:1339–1345, 2007.
 - [23] Mulligan, C. N. Environmental applications for biosurfactants. *Environmental pollution*, 133(2), 183–198, 2005.
 - [24] Kiran, G.S., Selvin, J., Manilal, A., Sujith, S. Biosurfactants as green stabilizers for the biological synthesis of nanoparticles. *Crit Rev Biotechnol* 31:354–364, 2011.

- [25] Zhang, C., Wang, S., Yan, Y. Isomerization and biodegradation of beta- cypermethrin by *Pseudomonas aeruginosa* CH7 with biosurfactant production. *Bioresour Technol* 102:7139–7146, 2011.
- [26] Xu, Q., Nakajima, M., Liu, Z., Shiina, T. Biosurfactant from microbubble preparation and application. *International J of Molecul Sci* 12:462–475, 2011.
- [27] Shete, A.M., Wadhawa, G., Banat, I.M., Chopade, B.A. Mapping of patents on bioemulsifier and biosurfactant: a review. *J Sci Indust Res* 65:91–115, 2006.
- [28] Rawat, G., Dhasmana, A., & Kumar, V. Biosurfactants: the next generation biomolecules for diverse applications. *Environmental Sustainability*, 3, 353-369, 2020.
- [29] Scott, M.J., Jones, M.N. The biodegradation of surfactants in the environment. *Biochim Biophys Acta* 1508:235–251, 2000.
- [30] Takenaka S, Tonoki T, Taira K, Murakami S, Aoki K. Adaptation of *Pseudomonas* sp. strain 7–6 to quaternary ammonium compounds and their degradation via dual pathways. *Appl Environ Micro* 73:1797–1802, 2007.
- [31] Lima, T.M., Procópio, L.C., Brandão, F.D., Leão, B.A., Tótola, M.R., Borges, A.C. Evaluation of bacterial surfactant toxicity towards petroleum degrading microorganisms. *Bioresour Technol* 102:2957–2964, 2011.
- [32] Kumar, A., Singh, S. K., Kant, C., Verma, H., Kumar, D., Singh, P. P., ... & Kumar, M. Microbial biosurfactant: a new frontier for sustainable agriculture and pharmaceutical industries. *Antioxidants*, 10(9), 1472, 2021.
- [33] Nihorimbere, V., Marc Ongena, M., Smargiassi, M, Thonart, P. Beneficial effect of the rhizosphere microbial community for plant growth and health. *Biotechnol Agron Soc Environ* 15:327–337. 2011.
- [34] Jazzar, C, Hammad, E.A. The efficacy of enhanced aqueous extracts of melia azedarach leaves and fruits integrated with the *Camptotylus reuteri* releases against the sweet potato whitefly nymphs. *Bull Insectol* 56:269–275, 2003.
- [35] Kim, P.I., Bai, H., Bai, D., Chae, H., Chung, S., Kim, Y., Park, R., Chi, Y.T. Purification and characterization of a lipopeptide produced by *Bacillus thuringiensis* CMB26. *J Appl Microbiol* 97:942–949, 2004.
- [36] Boyette, C.D, Walker, H.L., Abbas, H.K. Biol ogical control of kudzu (*Pueraria lobata*); with an isolate of *Myrothecium verrucaria*. *Biocontrol Sci Technol* 12:75–82, 2002.
- [37] Krzyzanowska DM, Potrykus M, Golanowska M, Polonis K, Gwizdek-Wisniewska A, Lojkowska E, Jafra S. Rhizosphere bacteria as potential biocontrol agents against soft rot caused by various *Pectobacterium* and *Dickeya* spp. strains. *J plant pathol* 94, 2012.
- [38] Sha R, Jiang L, Meng Q, Zhang G, Song Z. Producing cell-free culture broth of rhamnolipids as a cost-effective fungicide against plant pathogens. *J Basic Microbiol* 52:458–466, 2011.
- [39] Kim, S.K., Kim, Y.C., Lee, S., Kim, J.C., Yun, M.Y., Kim, IS. Insecticidal activity of rhamnolipid isolated from *Pseudomonas* sp. EP-3 against green peach aphid (*Myzus persicae*). *J Agric Food Chem* 59:934–938, 2011.
- [40] Vatsa P, Sanchez L, Clement C, Baillieul F, Dorey S. Rhamnolipid biosurfactants as

- new players in animal and plant defense against microbes. *Int J Mol Sci* 11:5095–5108, 2010.
- [41] Kachholz T, Schlingmann M. Possible food and agricultural application of microbial surfactants: an assessment. In: Kosaric N, Cairns WL, Grey NCC, (eds.), *Biosurfactant and Biotechnology*, New York, Marcel Dekker Inc. 25: 183-208, 1987.
- [42] Kruijt M, Tran H, Raaijmakers JM. Functional, genetic and chemical characterization of biosurfactants produced by plant growth-promoting *Pseudomonas putida* 267. *J Appl Microbiol* 107:546–556, 2009.
- [43] Velho RV, Medina LF, Segalin J, Brandelli A. Production of lipopeptides among *Bacillus* strains showing growth inhibition of phytopathogenic fungi. *Folia Microbiol (Praha)* 56:297–303, 2011.
- [44] Haddad NI. Isolation and characterization of a biosurfactant producing strain, *Brevibacillus brevis* HOB1. *J Ind Microbiol Biotechnol* 35:1597–1604, 2008.
- [45] Nielsen TH, Sørensen J. Production of cyclic lipopeptides by *Pseudomonas fluorescens* strains in bulk soil and in the sugar beet rhizosphere. *Appl Environ Microbiol* 69:861–868, 2003.
- [46] Hultberg M, Bergstrand KJ, Khalil S, Alsanius B. Production of biosurfactants and antibiotics by fluorescent pseudomonads isolated from a closed hydroponic system equipped with a slow filter. *Antonie Van Leeuwenhoek* 93:373–380, 2008.
- [47] Eddouaouda K, Mnif S, Badis A, Younes SB, Cherif S, Ferhat S, Mhiri N, Chamkha M, Sayadi S. Characterization of a novel biosurfactant produced by *Staphylococcus* sp. strain 1E with potential application on hydrocarbon bioremediation. *J Basic Microbiol* 52:408–418, 2012.
- [48] Debode J, De Maeyer K, Perneel M, Pannecouque J, De Backer G, Höfte M. Biosurfactants are involved in the biological control of *Verticillium microscerotia* by *Pseudomonas* spp. *J Appl Microbiol* 103:1184–1196, 2007.
- [49] Andersen JB, Koch B, Nielsen TH, Sørensen D, Hansen M, Nybroe O, Christophersen C, Sørensen J, Molin S, Givskov M. Surface motility in *Pseudomonas* sp. DSS73 is required for efficient biological containment of the root-pathogenic micro-fungi *Rhizoctonia solani* and *Pythium ultimum*. *Microbiol* 149:37–46, 2003.
- [50] Kim PI, Ryu J, Kim YH, Chi YT () Production of biosurfactant lipopeptides Iturin A, fengycin and surfactin A from *Bacillus subtilis* CMB32 for control of *Colletotrichum gloeosporioides*. *J Microbiol Biotechnol* 20:138–145, 2010.
- [51] Street JC. Methods of removal of pesticides residues. *Canad Med Ass J* 100:154–160, 1969.
- [52] Rostas M, Blassmann K. Insects had it first: surfactants as a defense against predators. *Proc R Soc B* 276:633–638, 2009.
- [53] Mulqueen P. Recent advances in agrochemical formulations. *Adv Colloid Interface Sci* 106:83–107, 2003.
- [54] Blackwell PS. Management of water repellency in Australia and risks associated with preferential flow, pesticide concentration and leaching. *J Hydrology* 231–232:384–395, 2000.
- [55] Hopkinson MJ, Collins HM, Goss GR. Pesticide formulations and application systems:

- ASTM Committee E-35 on Pesticides. ASTM International 17(1328):1–331, 1997
- [56] Jibrin, M.O.; Liu, Q.; Jones, J.B.; Zhang, S. Surfactants in plant disease management: A brief review and case studies. *Plant Pathol.*, 70, 495–510, 2021.
- [57] Sun X, Wu L, Luo Y. Application of organic agents in remediation of heavy metals-contaminated soil. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao* 17:1123–1128, 2006.
- [58] Singh PB, Sharma S, Saini HS, Chadha BS. Biosurfactant production by *Pseudomonas* sp. and its role in aqueous phase partitioning and biodegradation of chlorpyrifos. *Lett Appl Microbiol* 49:378–383, 2009.
- [59] Sharma S, Singh P, Raj M, Chadha BS, Saini HS. Aqueous phase partitioning of hexachlorocyclohexane (HCH) isomers by biosurfactant produced by *Pseudomonas aeruginosa* WH-2. *J Hazard Mater* 171:1178–1182, 2009.
- [60] Mata-Sandoval JC, Karns J, Torrents A. Influence of rhamnolipids and Triton X-100 on the biodegradation of three pesticides in aqueous and soil slurries. *J Agri Food Chem* 49:3296–3303, 2001.
- [61] Awashti N, Kumar A, Makkar R, Cameotra S. Enhanced biodegradation of endosulfan, a chlorinated pesticide in presence of biosurfactant. *J Environ Sci Heal B* 34:793–803, 1999.
- [62] Moldes AB, Paradelo R, Rubinos D, Devesa-Rey R, Cruz JM, Barral MT. Ex situ treatment of hydrocarbon-contaminated soil using biosurfactants from *Lactobacillus pentosus*. *J Agric Food Chem* 59:9443–9447, 2011.
- [63] Kassab DM, Roane TM. Differential responses of a mine tailings *Pseudomonas* isolate to cadmium and lead exposures. *Biodegradation* 17:379–387, 2006.
- [64] Herman DC, Artiola JF, Miller RA. Removal of cadmium, lead and zinc from soil by a rhamnolipid biosurfactant. *Environ Sci Technol* 29:2280–2285, 1995
- [65] Wattanaphon HT, Kerdsin A, Thammacharoen C, Sangvanich P, Vangnai AS. A biosurfactant from *Burkholderia cenocepacia* BSP3 and its enhancement of pesticide solubilization. *J Appl Microbiol* 105:416–423, 2008.
- [66] Urum K, Pekdemir T, Gopur M. Optimum conditions for washing of crude oil-contaminated soil with biosurfactant solutions. *Trans Inst Chem Eng* 81B:203–209, 2003.
- [67] Straube WL, Nestler CC, Hansen LD, Ringleberg D, Pritchard PH, Jones-Meehan J. Remediation of polyaromatic hydrocarbons (PAHs) through landfarming with biostimulation and bio-augmentation. *Acta Biotechnol* 23:179–196, 2003.

BİTKİ HASTALIKLARINA KARŞI DİRENÇ GENLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Meltem AVAN

Adıyaman Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Adıyaman Türkiye,

ORCID: 0000-0002-2939-8177

ÖZET

Bitki hastalıkları ile mücadele, dünya çapında hastalık yaygınlığının artışından dolayı bitkisel ürünlerin verimini büyük ölçüde azalttığı için bitki koruma programlarının ana hedeflerinden biri haline gelmiştir. Bitki hastalığı direnci (R) genleri, bir patojen saldırısını tespit etmede ve patojene karşı saldırıya karşı koyma yeteneğine sahiptir. Aslında birçok bitki türü funguslar, bakteriler, mantarlar veya virüslerin sebep olduğu çeşitli hastalıklara karşı direnç sağlamada kalıtsal genetik çeşitlilik göstermektedir. Geçmişten bugüne kadar çok sayıda bitki R-geni, bitkisel ürünleri iyileştirme programlarında başarı ile kullanılmış ve hastalıklara karşı direnç mekanizmalarının tespitinde büyük ölçüde yol kat edilmiştir. R genlerinin ve R geni lokuslarının yapısının keşfi, R geninin işlevi ve evrimi hakkında bilgi sağlayarak bitki hastalıklarının mücadelesi için yeni stratejilere yol açmaktadır.

Anahtar kelimeler: Direnç (R) genleri, Dayanıklılık, Patojenler, Bitki hastalıkları, Kontrol

GENES OF RESISTANCE TO PLANT DISEASES

ABSTRACT

The control of plant diseases has become one of the main goals of plant protection programs as it greatly reduces the yield of plant crops due to the increase in disease prevalence worldwide. Plant disease resistance (R) genes are capable of detecting a pathogen attack and resisting the pathogen attack. In fact, many plant species show inherited genetic diversity in providing resistance to various diseases caused by fungi, bacteria, fungi or viruses. From past to present, many plant R-genes have been used with success in herbal product improvement programs, and a great deal of progress has been made in identifying disease resistance mechanisms. The discovery of the structure of R genes and R gene loci provides information about the function and evolution of the R gene, leading to new strategies for the control of plant diseases.

Keywords: Resistance (R) genes, Pathogens, Plant diseases, Control

1. GİRİŞ

Bitki hastalığı ile mücadele stratejilerindeki önemli ilerlemelere rağmen, artan insan nüfusu ve bununla beraber artan küresel gıda arzı hala çok sayıda patojen ve zararlılar tarafından tehdit edilmektedir [1-3].

Pestisitler hastalıklarla mücadelede etkin bir koruma sağlamaktadır, ancak çevreye olan olumsuz etkileri, dirençli patojenlerin ortaya çıkması ve uygulanabilirliği nedeniyle bazı sorunları da beraberinde getirmektedir. Bu sebeple bitkilerde kalıtsal direnç (dayanıklılık) mekanizmaları çalışmaları ağırlık verilmiştir.

Bitkiler hastalıklara karşı tehditlerden kendilerini korumak için birçok savunma stratejileri geliştirmiştir. Enfeksiyon bölgesinde bitkiler, doku takviyesi ve antibiyotik üretiminin yanı sıra hipersensitif reaksiyonlardan yola çıkarak bazı savunma stratejileri etkinleştirebilmektedir [4]. Bu savunma mekanizmaları bazı patojenleri engellemede etkili olmasına rağmen bir kısmı için de etkisiz kalarak bitkide hastalık oluşumuna neden olmuşlardır. Bu bölgesel tepkiler, bitkiyi geniş bir hastalık etmeni çoğunluğuna karşı koymak için bazı direnç mekanizmalarını (sistemik kazanılmış direnç, SAR) tetikleyebilmektedir [5,6].

Bitki-patojen arasındaki ilişki, bitki patojenine karşı konukçu bitkinin, hastalığın daha fazla bulaşmasını önlemesine yardımcı olan bir savunma tepkisi ile oluşan sinyallerin aktivasyonundan ibaret olan bir mekanizmadır. Bitkiyi savunma sinyallerinin uyarılması, özel patojen efektörlerinin, R-genleri olarak bilinen genlerin ürünleri tarafından tanınması ile meydana gelmektedir [7]. Birçok bireysel bitki direnci (R) geni karakterize edilmiştir ve ürün iyileştirme çalışmalarında halen de kullanılmaktadır.

Hastalığa dayanıklı çeşitler geliştirmek için bitki direnç genlerinin kullanmanın yanı sıra, patojen gelişiminin azaltılması, konukçu bitkiye zararın minimize edilmesi, tarım arazisinde pestisit kullanımına ihtiyaç olmaması ve çevre dostu oluşu nedeniyle kimyasal mücadeleye alternatif bir yöntem olarak bilinmektedir [8]. Bununla birlikte, direnç için geleneksel ıslahta, bir türden direnç genlerinin tekrar tekrar çaprazlama yapılması yoluyla diğerinin gen havuzuna girmesi, geri çaprazlama olmadan önce genellikle birçok hibrit nesiller alan, uzun vadeli bir süreçtir. Fonksiyonel çalışmaların, klonlamanın, karakterizasyonun ve genetik transformasyonun ya da bitki direnç genlerinin yakın gelecekte araştırmacılara bu sorunların üstesinden gelmede yardımcı olabileceği varsayılmaktadır [8].

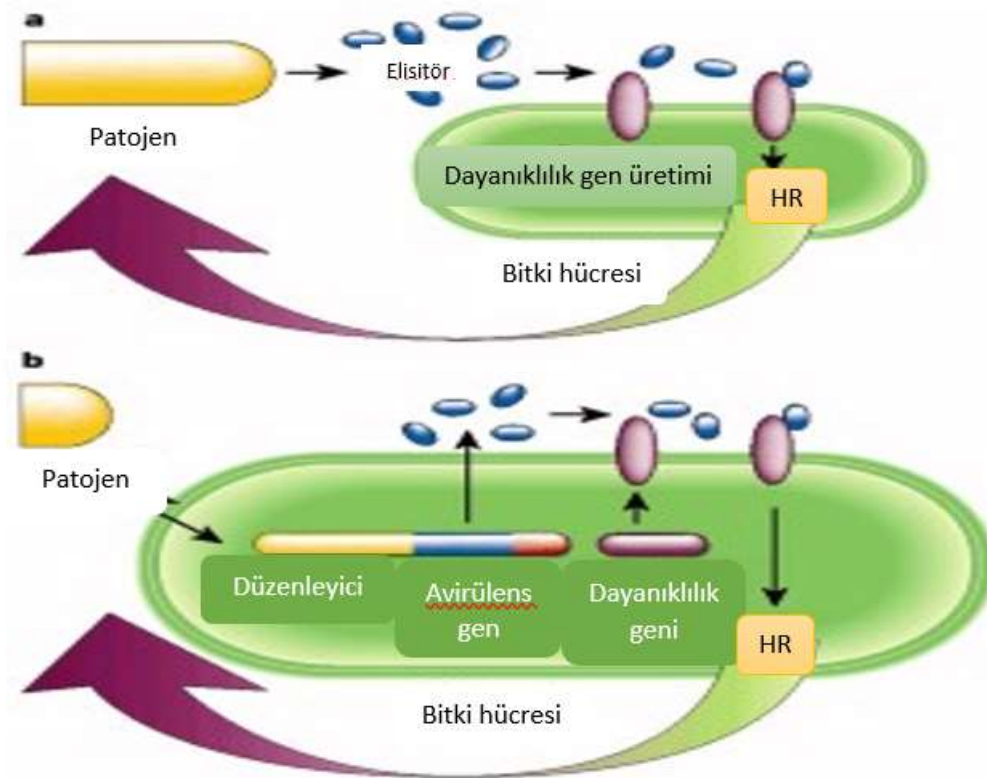
2. BİTKİ DİRENÇ GENLERİ VE PROTEİNLERİ

İlk izole edilen bitki dayanıklılık geni 1992 yılında mısır bitkilerinde bulunan Hm1 genidir. Bu gen, *Cochliobolus carbonum* ırk 1 fungal hastalık etmeni tarafından kodlanan HC-toksinini inaktive eden bir dayanıklılık genidir [9].

Günümüzde çok fazla bitki dayanıklılık geni (Tablo 1), fungusları, oomycetleri, bakterileri, virusleri kontrol etmekte olup bu genlerin aktive ettikleri savunma mekanizmaları da oldukça birbirlerine benzerdir. Dayanıklılık genlerinin aktive ettikleri patojene özgü PR genleri (Pathogenesis-Related), çoğu zaman oluşan HR reaksiyonlar (Hypersensitive Response), konukçu hücre duvarının güçlendirilmesi, antimikrobiyal maddelerin oluşturulması, reaktif süperoksitlerin oluşumu en yaygın savunma mekanizmalarından bazılarıdır. Bu savunma

mekanizmaları lokaldır. Bu mekanizmalar ile bitki gelişme düzenleyicileri bitkinin hastalık oluşmayan diğer organlarına iletilir ve hastalık oluşmamış bu organlarında ikincil savunma mekanizmalarını harekete geçirerek tüm bitkide sistemik kazanılmış dayanıklılığı (SAR) (Systemic Acquired Resistance) oluşturmaktadır [10].

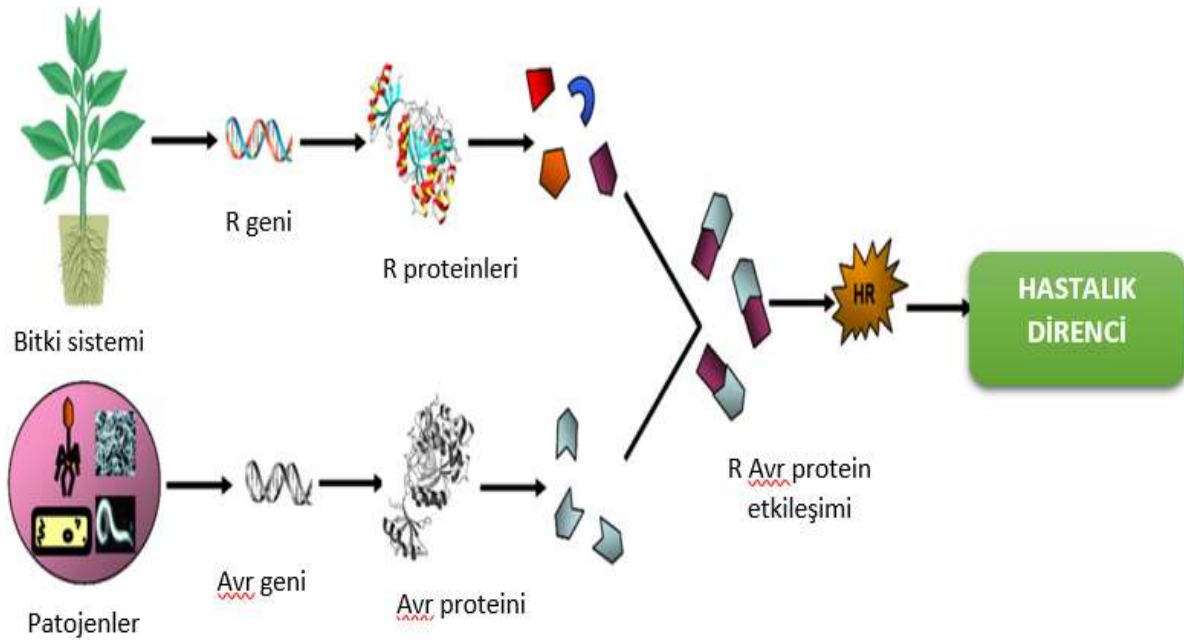
Funguslar, oomycetes, bakteriler, mantarlar, virüsler, nematodlar ve böcekler gibi patojenlerle etkin bir şekilde mücadele etmek tarım sektörü için oldukça önemlidir. Yeni dirençli çeşitlerin kullanımına rağmen, patojenlerin neden olduğu verim kayıpları önemli düzeydedir [11,12]. Bitki patojenleri hem ürün verimini düşürmekte hem de insan sağlığını etkileyen toksinleri serbest bırakarak ürün kalitesinde de düşüşe sebep olmaktadır. Bununla birlikte patojenler sürekli olarak mevcut direnç genlerine ve pestisitlere karşı dirençli hale gelmektedir. Bu nedenlerden dolayı, bazı alternatif hastalık mücadele yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bitki hastalıkları direnç genleri temeline dayalı ürün iyileştirme yöntemleri, moleküler teknolojiyi ile desteklenmektedir [13]. Bitkiler patojenle karşı karşıya kaldığında baskın direnç gen mekanizmaları tarafından kontrol edilmektedir [14,15]. Çeşitli patojenlere karşı R proteini tarafından harekete geçen direnç, yalnızca R proteini tarafından tanınan, aynı kökenli Avr proteini belirten patojenlere karşı etkili bulunmuştur. Bu direnç genellikle istila edilen hücrenin ve bazı çevredeki birkaç hücrenin hızlı şekilde ölümü ile sonuçlanan hipersensitif reaksiyon ile ilişkilidir [16,17,18] (Görsel 1).



Görsel 1. Bir elisitör ve direnç geni kullanarak geniş spektrumlu hastalık direnci oluşumu [19].

2.1. Bitki Bazal Hastalık Direnci

Bitkiler bazal savunma ve R-geni aracılı savunma olmak üzere iki ana tip hastalık direnci bulunmaktadır (Görsel 2).



Görsel 2. Bitki patojen etkileşimi ve hastalık direncinin gelişimi [8].

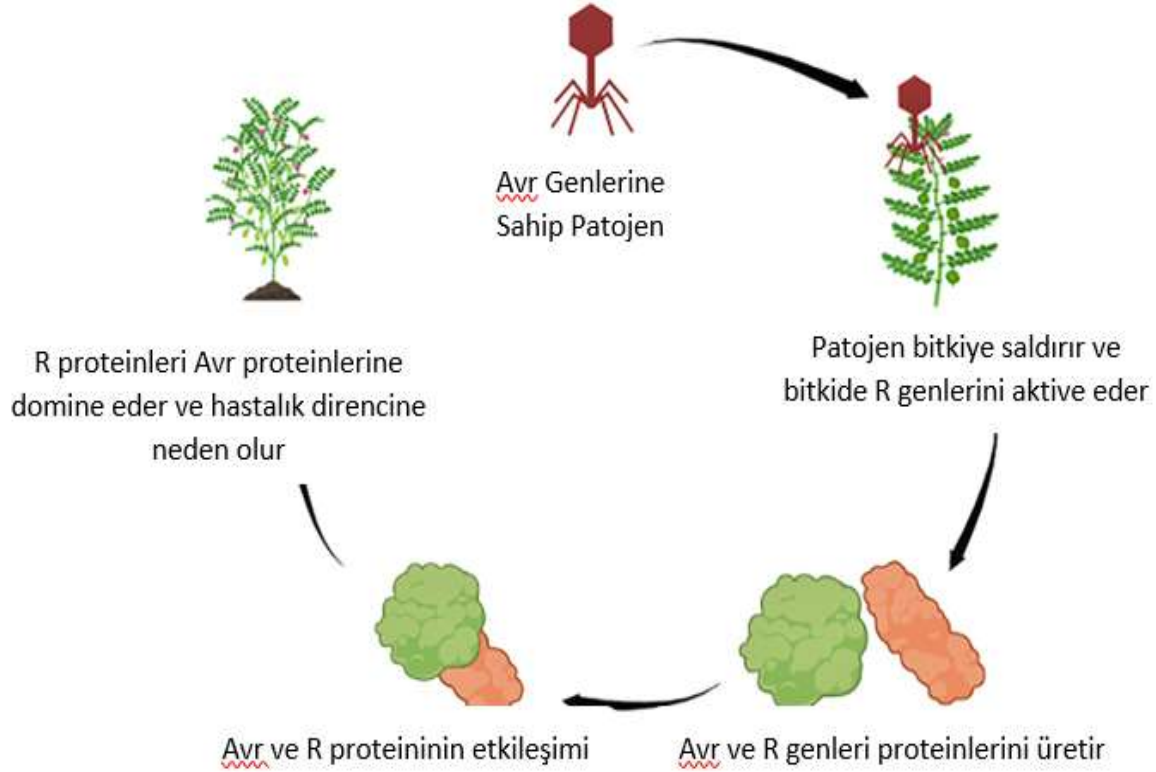
2.2.1. Bazal Savunma

Hem konukçu dışı hem de konukçu direncinin bir bileşeni olabilen bazal savunma, çok çeşitli patojenlerin neden olduğu enfeksiyona karşı ilk savunma hattını sağlamaktadır. Bazal savunma, hem konukçu hem konukçu olmayan direncin bir bileşenidir ve birçok patojenin neden olduğu enfeksiyona karşı ilk savunmayı sağlamaktadır. Konukçu direnci, genellikle belli bir kültüvara özgü iken konukçu olmayan direnç bir bitki türünün tüm üyelerinde, patojenlere karşı meydana gelen direnç çeşididir [21,22,23]. Bitki bazal savunması, patojen ırkına spesifik olan ve spesifik olmayan (genel) dayanıklılığı kapsamaktadır [24].

2.2.2. R geni Aracılı Patojen Direnci

Fitopatojenler, enfeksiyon meydana gelir gelmez, Avr (avirulence) genleri tarafından kodlanan doğrudan bitki hücrelerine iletilen, efektörler isimli moleküller üretmektedir. Bu efektörler ya patojenin kolonize oluşuna yardımcı olmak için konukçu bitkinin fizyolojik durumunu değiştirirler ya da konukçu bitkinin savunma mekanizmalarının hareketini engellemek için kullanılırlar [25,26] (Görsel 3). Bitki R genlerinin yapısal olarak farklılaşmalarının esas nedeni, patojenlerin Avr genlerinin çok çeşitlilik göstermesi ve patojenden gelen Avr proteinlerini konukçunun tanımlayarak R genin kontrol ettiği savunma mekanizmasını aktif hale getirmesinde yatmaktadır [78]. Konukçu R proteinlerinin patojenin Avr proteinlerini dolaylı yoldan tanımlamasında: patojenin Avr proteinleri efektör proteinler olarak konukçu hücresinde hedeflenen proteinlerini alıp hastalık yapabilmek için gönderir. Konukçu R proteinleri sahip

olduğu hedeflenen proteinleri ve bunların fonksiyonlarını kip ederek, patojenin Avr proteinleri konukçunun hedeflenen proteinlerini veya fonksiyonlarında bir değişikliğe neden olduğunda R proteini savunma mekanizmasını harekete geçirerek dayanıklılığı oluşturmaktadır [79].



Görsel 3. Bitki R proteinleri ve patojen Avr proteinleri arasındaki etkileşim [20]

Fungal, bakteriyel, oomycetes ve viral saldırılara karşı direnç sağlayan bir dizi bitki direnç geni çalışmaları yapılmıştır (Tablo 1) . Bu patojenlerin konukçuları ve ilişkili Avr-gen ve R genleri aşağıdaki tabloda özetlenmiştir. Diğer bir ifadeyle patojenin avirulens (Avr) proteinlerinin kodladığı elisitörler ile *Arabidopsis* dayanıklılık RRS1-R proteinin reseptör proteinleri burada direkt bir etkileşim içindedirler [8].

Tablo 1. Fungal, bakteriyel, viral, oomycetes patojenleri ve etkileyen R genleri

Patojen	Konukçu	Avr-gen	R-gen	Referanslar
Funguslar				
<i>Puccinia sorghi</i>	<i>Zea mays</i>	AvrRP-I-D	Rp1	[27]
<i>Puccinia triticina</i>	<i>Triticum aestivum</i>	-	Lr46	[28,29]
<i>Puccinia graminis</i> f sp. <i>tritici</i>	<i>Hordeum vulgarae</i>	AvreRpg1	Rpg1, Rpg4, Rpg5	[30,31,32]
<i>Verticillium alboeatrum</i>	<i>Lycopersicum esculentum</i> <i>Mentha arvensis</i> <i>Mentha longifolia</i>	-	Ve1, Ve2 mVe1	[33,34]
<i>Verticillium dahliae</i>	<i>Lycopersicum esculentum</i>	-	Ve1	[35]
<i>Fusarium oxysporium</i>	<i>Lycopersicum esculentum</i>	Avr1	I2	[36,37]
<i>Erysiphe orontii</i> , <i>E. cichoracearum</i> <i>Oidium lycopersici</i>	<i>Arabidopsis thaliana</i>	-	RPW8.1, RPW8.2	[38, 39]
Bakteriler				
<i>Xanthomonas campestris</i>	<i>Capsicum annum</i>	AvreBs2	Bs2	[40,41]
<i>Xanthomonas oryzae</i>	<i>Oryza sativa</i>	-	NPR1	[42]
<i>Pseudomonas syringae</i> pv <i>tomato</i>	<i>Lycopersicum esculentum</i>	AvreXa1	Xa1	[43]
		AvreXa21	Xa21	[44]
		Avr-Pto,	Pto	[45,46]
		Avr-PtoB		
<i>P. syringae</i>	<i>Arabidopsis thaliana</i>	AvrRpm1,	RPM1	[47,48]
		AvrB		
		AvrRpt2	RPS2	[49,50]
		AvrPphB	RPS5	[51,52]
		AvrRps4	RPS4	[53,54]
Oomycetes				
<i>Phytophthora. infestans</i>	<i>Solanum tuberosum</i>	Avr1	R1	[55]
<i>P. infestans</i>	<i>Solanum tuberosum</i>	Avr-blb1	Rpi-blb1	[56]
<i>P. infestans</i>	<i>Solanum tuberosum</i>	PiAvr2	Rpi	[57,58]
<i>P. infestans</i>	<i>Solanum demissum</i>	Avr3a	R3a	[59]
<i>P. infestans</i>	<i>Solanum bulbocastanum</i>	Ipio, IpiB, Ipi-o4	RB	[60,61]

<i>P. infestans</i>	<i>Solanum tuberosum</i>	Avr3b- Avr10- Avr11 locus	R3b, R10, R11	[62]
<i>Phytophthora sojae</i>	<i>Glycine max</i>	Avr1a, Avr3a ve Avr3c	Rps1a Rps3a Rps3c	[63,64]
Viral				
Potato virus X	<i>Solanum tuberosum</i>	Coat protein	Rx1, Rx2	[65,66]
	<i>Solanum tuberosum</i>	Nla protease	Ry	[67]
Potato virus Y	<i>Capsicum annuum</i>	VPg	pvr1,pvr12	[68,69]
	<i>Solanum tuberosum</i>	-	Y-1	[70]
Cucumber mosaic virus	<i>Arabidopsis thaliana</i>	Coat protein	RCY1	[71]
	<i>A. thaliana</i>	VPg	At-elF4E1 At-elF4G	[72,73]
Bean dwarf mosaic virus	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Bdm	BV1 protein	[74]
Tobacco etch virus	<i>Arabidopsis thaliana</i>	-	RTM1, RTM2	[75,76]
Turnip mosaic virus	<i>Arabidopsis thaliana</i>	VPg	At- elF(iso)4E	[77]

Bitki R proteinleri ve patojen Avr proteinleri arasındaki etkileşim, direnç mekanizması sırasında bir patojen, bir Avr genine sahip bir konukçu bitkiye saldırdığında meydana gelmekte ve hastalık enfeksiyonunu tetiklemek için R genlerinin aktivasyonu ile sonuçlanmaktadır. Genler, hastalık direncine neden olan proteinleri üretir. R genleri eksik olan bitkiler, patojen saldırısına uğramaktadırlar ve dolayısıyla üründe verim düşüşüne neden olmaktadır [20].

SONUÇLAR

Bitki direnç genlerinin ve R-geni lokuslarının yapısal ve yaptığı işlevin doğru şekillerde analiz edilmesi, çeşitli direnç kaynaklarının etkili bir şekilde bir araya getirilmesi ve yeni stratejilerin geliştirilmesi; moleküler olarak R geni sistemlerinin tespit edilmesi, bitki hastalıklarının mücadelesi için oldukça önemlidir. Konukçu patojen arasındaki interaksiyonu düzenleyen R-Avr proteinlerinde hastalık etmeni, bu ilişkiyi kendi avantajına çevirmek için Avr geni üzerinde bazı mutasyonlar oluşturmaktadır. Bu genlerin virulent olması durumunda bitkilerde hastalıklar meydana gelerek epidemiy yapması mümkündür. Bu nedenle R-Avr gen ilişkilerini

baz alarak farklı R geni taşıyan çeşitler ekilmeli ya da polikültür olarak farklı bitki türlerinin ekimi sağlanmalıdır. Bitkileri daha dirençli hale getirebilmek adına in vitro mutasyonları, genlerin genomda yer değiştirmesini sağlamakta ve uygun genlerin bitki dayanıklılık geni içerisine yerleştirilmesi için yapılan genetik çalışmalar tarımsal açıdan oldukça önemli olduğu kabul edilmiştir.

KAYNAKÇA

- [1] Various Authors. Proceedings of the National Academy of Sciences colloquium ‘Plants and population: is there time?’. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 96, 5903–6008, 1999.
- [2] Moffat, A.S. Finding new ways to fight plant diseases. Science 292, 2270–2273, 2001.
- [3] Garelik, G. Taking the bite out of potato blight. Science 298, 1702–1704. 2002.
- [4] Hammond-Kosack, K.E. and Jones, J.D.G. Inducible plant defense mechanisms and resistance gene function. Plant Cell 8, 1773–1791, 1996.
- [5] Dong, X. Genetic dissection of systemic acquired resistance. Curr. Opin. Plant Biol. 4, 309–314, 2001.
- [6] Me’traux, J. P. Systemic acquired resistance and salicylic acid: current state of knowledge. Eur. J. Plant Pathol. 107, 13–18, 2001.
- [7] Belkhadir Y, Subramaniam R, Dangl J.L. Plant disease resistance protein signaling: NBS-LRR proteins and their partners. Curr Opin Plant Biol;7: 391e9, 2004.
- [8] Gururani, M. A., Venkatesh, J., Upadhyaya, C. P., Nookaraju, A., Pandey, S. K., and Park, S. W. Plant disease resistance genes: current status and future directions. Physiological and molecular plant pathology, 78, 51-65, 2012.
- [9] Johal GS, Briggs SP. Reductase activity encoded by the HM1 disease resistance gene in maize. Science 258:985–987, 1992.
- [10] Durrant W.E, Dong X. Systemic acquired resistance. Annu Rev Phytopathol 42:185–209, 2004.
- [11] Baker, C.M., Chitrakar R., Obulareddy N., Panchal S., Williams P., Melotto M. Molecular battles between plant and pathogenic bacteria in the phyllosphere. Braz J Med Biol Res;43:698e704, 2010.
- [12] Oerke, E.C., Dehne, H.W. Safeguarding production-losses in major crops and the role of crop protection. Crop Prot;23:275e85, 2004.
- [13] Leach, J.E., Shah J. Future prospects for developing disease resistant plants: review. Transgenic Res;11:597e8, 2002.
- [14] Chisholm, S.T., Coaker G., Day B., Staskawicz B.J. Host-microbe interactions: shaping, the evolution of the plant immune response. Cell;124:803e14, 2006.
- [15] Jones, J.D.G., Dangl J.L. The plant immune system. Nature;444:323e9, 2006.
- [16] Heath, M.C. Hypersensitive response-related death. Plant Mol Biol 2000;44:321e34
- [17] Morel J, Dangl J. The hypersensitive response and the induction of cell death in plants. Cell Death Differ;4:671e83, 1997.
- [18] Takahashi A, Casais C, Ichimura K, Shirasu K. HSP90 interacts with RAR1 and SGT1 and is essential for RPS2-mediated disease resistance in Arabidopsis. Proc Natl Acad Sci USA;100(117):77e82, 2003.

- [19] Stuiver, M. H., and Custers, J. H. Engineering disease resistance in plants. *Nature*, 411(6839), 865-868, 2001.
- [20] Saddique, M. A. B., Zafar, S., Ashraf, Z., Muneer, M. A., Farid, B., and Shabeer, S. Resistance Gene Identification, Cloning, and Characterization in Plants. In *Cereal Diseases: Nanobiotechnological Approaches for Diagnosis and Management* (pp. 205-224). Singapore: Springer Nature Singapore, 2022
- [21] Heath M.C. Nonhost resistance and nonspecific plant defenses. *Curr Opin Plant Biol*; 3:315e9, 2000.
- [22] Heath M.C. Evolution of plant resistance and susceptibility to fungal invaders. *Can J Plant Pathol*;9:389e97, 1987.
- [23] Staskawicz B.J., Ausubel F.M., Baker B.J., Ellis J.G., Jones J.D. Molecular genetics of plant disease resistance. *Science*;268:661e7, 1995.
- [24] Monaghan J, Zipfel C.. Plant Pattern Recognition Receptor Complexes at the Plasma Membrane. *Curr Opin Plant Biol*, 15/4: 349–357, 2012.
- [25] Collmer A. Determinants of pathogenicity and avirulence plant pathogenic bacteria. *Curr Opin Plant Biol*;1:329e35, 1998.
- [26] Hammond-Kosack K.E., Kanyuka K. Resistance genes (R genes) in plants. *eLS*;2007.
- [27] Collins, N., Drake, J., Ayliffe, M., Sun, Q., Ellis, J., Hulbert, S., & Pryor, T. Molecular characterization of the maize Rp1-D rust resistance haplotype and its mutants. *The Plant Cell*, 11(7), 1365-1376, 1999.
- [28] Martinez F., Niks R.E., Singh R.P., Rubiales D. Characterization of Lr46, a gene conferring partial resistance to wheat leaf rust. *Hereditas*;135:111e4, 2001.
- [29] Meateos-Hernandez M., Singh R.P., Hulbert S.H., Borden R.L., Huerta-Espino J., Gill B.S., et al. Targeted mapping of ESTs linked to the adult plant resistance gene Lr46 in wheat using synteny with rice. *Funct Integr Genomics*;6:122e31, 2006.
- [30] Brueggeman R, Rostoks N, Kudrna D, Kilian A, Han F, Chen J, et al. The barley stem rust- resistance gene Rpg1 is a novel disease-resistance gene with homology to receptor kinases. *Proc Natl Acad Sci USA*;99:9328e33, 2002.
- [31] Horvath, H., Rostoks, N., Brueggeman, R., Steffenson, B., von Wettstein Diter, Kleinhofs, A. Genetically engineered stem rust resistance in barley using the Rpg1 gene. *Proc Natl Acad Sci USA*;100:364e9, 2003.
- [32] Kleinhofs A, Brueggeman R, Nirmala J, Zhang L, Mirlohi A, Druka A, et al. Barley stem rust resistance genes: structure and function. *The Plant Genome*;2:109e20, 2009.
- [33] Kawchuk, L. M., Hachey, J., Lynch, D. R., Kulcsar, F., Van Rooijen, G., Waterer, D. R., ... and Prüfer, D. Tomato Ve disease resistance genes encode cell surface-like receptors. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(11), 6511-6515, 2001.
- [34] Vining K., Davis T. Isolation of a Ve homolog, mVe1, and its relationship to Verticillium wilt resistance in *Mentha longifolia* (L.) Huds. *Mol Genet Genomics*; 282:173e84, 2009.
- [35] Fradin, E.F., Zhang, Z., Ayala, J.C.J., Castroverde, C.D.M., Nazar, R.N., Robb, J., et al. Genetic dissection of Verticillium wilt resistance mediated by tomato Ve1. *Plant, Physiol* 2009;150:320e32.

- [36] Ori, N., Eshed, Y., Paran, I., Presting, G., Aviv, D., Tanksley, S., et al. The I2C family from the wilt disease resistance locus I2 belongs to the nucleotide binding, leucine-rich repeat superfamily of plant resistance genes. *Plant Cell*;9: 521e32, 1997.
- [37] Simons, G., Groenendijk, J., Wijbrandi, J., Reijans, M., Groenen, J., Diergaarde, P., et al. Dissection of the Fusarium I2 gene cluster in tomato reveals six homologs and one active gene copy. *Plant Cell*;10:1055e68, 1998.
- [38] Wang, W., Wen, Y., Berkey, R., Xiao S. Specific targeting of the *Arabidopsis* resistance protein RPW8.2 to the interfacial membrane encasing the fungal haustorium renders broad-spectrum resistance to powdery mildew. *Plant Cell*;21:2898e913, 2009
- [39] Yang, X., Wang, W., Coleman, Mç, Orgil, Uç, Feng, Jç, Ma, X, et al. Arabidopsis 14-3-3 lambda is a positive regulator of RPW8-mediated disease resistance. *Plant J*; 60(3):539e50, 2009.
- [40] Minsavage, G.V., Dahlbeck, D., Whalen, M.C., Kearney, B., Bonas, U., Staskawicz, B.J., et al. Gene-for-gene relationships specifying disease resistance in *Xanthomonas campestris* pv *vesicatoria* - pepper interactions. *Mol Plant-Microbe Int*;3:41e7, 1990
- [41] Tai, T.H., Dahlbeck, D., Clark, E.T., Gajiwala, P., Pasion, R, Whalen MC, et al. Expression of the Bs2 pepper-gene confers resistance to bacterial spot disease in tomato. *Proc Natl Acad Sci USA*;96(141):53e8, 1999.
- [42] Chern, M.S., Fitzgerald, H.A., Yadav, R.C., Canlas, P.E., Dong, X., Ronald, P.C. Evidence for a disease-resistance pathway in rice similar to the NPR1-mediated Signaling pathway in Arabidopsis. *Plant J*;27:101e13, 2001.
- [43] Collins, N., Drake, J., Ayliffe, M., Sun, Q., Ellis, J., Hulbert, S, et al. Molecular characterization of the maize Rp1-D rust resistance haplotype and its mutants. *Plant Cell*;11:1365e76, 1999.
- [44] Song, W.Y., Wang, G.L., Chen, L.L., Kim, H.S., Pi, L.Y., Holsten, T., et al. A receptor kinase-like protein encoded by the rice disease resistance gene, Xa21. *Science*;1804e6, 1995.
- [45] Abramovitch, R.B., Kim, Y.J., Chen, S., Dickman, M.B., Martin, G.B. *Pseudomonas* type III effector AvrPtoB induces plant disease susceptibility by inhibition of host programmed cell death. *EMBO J*;22:60e9, 2003.
- [46] Ronald, P.C., Salmeron, J.M., Carland, F.M., Staskawicz, B.J. The cloned avirulence gene AvrPto induces disease resistance in tomato cultivars containing the Pto resistance gene. *J Bacteriol*;174:1604e11, 1992.
- [47] Hubert, D.A., Tornero, P., Belkhadir, Y., Krishna, P., Takahashi, A., Shirasu, K., et al. Cytosolic HSP90 associates with and modulates the Arabidopsis RPM1 disease resistance protein. *EMBO J*;22:5679e89, 2003.
- [48] Tamaki, S., Dahlbeck, D., Staskawicz, B., Keen, N.T. Characterization and expression of two avirulence genes cloned from *Pseudomonas syringae* pv. *Glycinea*. *J Bacteriol*;170:4846e54, 1988.
- [49] Hoffman, T., Schmidt, J.S., Zheng, X., Bent, A.F. Isolation of ethylene-insensitive soybean mutants that are altered in pathogen susceptibility and gene-for gene disease resistance. *Plant Physiol*;119:935e50, 1999.
- [50] Whalen, M.C., Innes, R.W., Bent, A.F., Staskawicz, B.J. Identification of *Pseudomonas syringae* pathogens of Arabidopsis and a bacterial locus determining

- avirulence on both *Arabidopsis* and soybean. *Plant Cell*;3: 49e59, 1991
- [51] Swiderski, M.R, Innes R.W. The *Arabidopsis* PBS1 resistance gene encodes a member of a novel protein kinase subfamily. *Plant J*;26:101e12, 2001.
- [52] Warren, F.R., Merritt, P.M., Holub, E., Innes, R.W. Identification of three putative signal transduction genes involved in R-gene-specified disease resistance in *Arabidopsis*. *Genetics*;152:401e12, 1999.
- [53] Gassmann, W., Hinsch, M.E., Staskawicz, B. The *Arabidopsis* RPS4 bacterial resistance gene is a member of the TIR-NBSLRR family of disease-resistance genes, *Plant J*;20:265e77, 1999.
- [54] Hinsch, M., Staskawicz, B.J. Identification of a new *Arabidopsis* disease resistance locus, RPS4, and cloning of the corresponding avirulence gene, AvrRps4, from *Pseudomonas syringae* pv. *pti*. *Mol Plant-Microbe Int*;9: 55e61, 1996.
- [55] Ballvora, A., Ercolano, M.R., Weiß, J., Meksem, K., Bormann, C., Oberhagemann P, et al. The R1 gene for potato resistance to late blight (*Phytophthora infestans*) belongs to the leucine zipper/NBS/LRR class of plant resistance genes. *Plant J*; 30:361e71, 2002.
- [56] Vleeshouwers, V.G., Rietman, H., Krenek, P., Champouret, N., Young, C, Oh, SK, et al. Effector genomics accelerates discovery and functional profiling of potato disease resistance and *Phytophthora infestans* avirulence genes. *PLoS ONE*;3:e2875, 2008
- [57] Lokossou, A.A., Park, T.H., van Arkel, G., Arens, M., Ruyter-Spira, C., Morales, J, et al. Exploiting knowledge of R/Avr genes to rapidly clone a new LZ-NBS-LRR family of late blight resistance genes from potato linkage group IV. *MPMI*;22:630e41, 2009
- [58] Vossen, E.A.G.V., Gros, J., Sikkema, A., Muskens, M., Wouters, D., Wolters, P, et al. The Rpi-blb2 gene from *Solanum bulbocastanum* is an Mi-1 gene homolog conferring broad-spectrum late blight resistance in potato. *Plant J*;44: 208e22, 2005.
- [59] Armstrong, M.R., Whisson, S.C., Pritchard, L., Bos, J.I.B., Venter, E., Avrova, A.O., et al. An ancestral oomycete locus contains late blight avirulence gene Avr3a, encoding a protein that is recognized in the host cytoplasm. *Proc Natl Acad Sci USA*; 102:7766e71, 2005
- [60] Champouret, N., Bouwmeester, K., Rietman, H., van der Lee, T., Maliepaard, C., Heupink, A., et al. *Phytophthora infestans* isolates lacking class I ipiO variants are virulent on Rpi-blb1 potato. *Mol Plant-Microbe Int*;22:1535e45, 2009.
- [61] van West, P., de Jong, A.J., Judelson, H.S., Emons, A.M.C., Govers, F. The ipiO gene of *Phytophthora infestans* is highly expressed in invading hyphae during infection. *Fungal Genet Biol*;23:126e38, 1998.
- [62] Jiang, R.H., Weide, R., van de Vondervoort, P.J., Govers, F. Amplification generates modular diversity at an avirulence locus in the pathogen *Phytophthora*. *Genome Res*;16:827e40, 2006.
- [63] Dong, S., Qutob, D., Tedman-Jones, J., Kuflu, K., Wang, Y., Tyler, B.M. The *Phytophthora sojae* avirulence locus Avr3c encodes a multi-copy RXLR effector with sequence polymorphisms among pathogen strains. *PLoS One*; 4(5):e5556, 2009.
- [64] Mao, Y., Tyler, B.M. The *Phytophthora sojae* genome contains tandem repeat Sequences which vary from strain to strain. *Fungal Genet Biol*;20:43e51, 1996.

- [65] Bendahmane, A., Kanyuka, K., Rouppe van der Voort, J., Van der Vossen, E., Baulcombe, D.C. A high resolution molecular map around the Rx locus of potato: analysis of a complex locus in a tetraploid background. *Theor Appl Genet*;98:679e89, 1999.
- [66] Bendahmane, A., Kohm, B., Dedi, C., Baulcombe, D. The coat protein of potato virus X is a strain-specific elicitor of Rx-mediated virus resistance in potato. *Plant J*; 8:933e41, 1995.
- [67] Mestre, P., Brigneti, G., Baulcombe, D.C. An Ry-mediated resistance response in potato requires the intact active site of the NIa proteinase from potato virus Y. *Plant J*;23:653e61, 2000.
- [68] Kang, B.C., Yeam, I., Frantz, J.D., Murphy, J.F., Jahn, M.M. The pvr1 locus in pepper encodes a translation initiation factor eIF4E that interacts with Tobacco etch virus VPg. *Plant J*;42:392e405, 2005.
- [69] Moury, B., Morel, C., Johansen, E., Guilbaud, L., Souche, S., Ayme, V., et al. Mutations in Potato virus Y genome-linked protein determine virulence toward recessive resistances in *Capsicum annuum* and *Lycopersicon hirsutum*. *Mol Plant Microbe Interact*;17:322e9. 2004.
- [70] Vidal, S., Cabrera, H., Andersson, R.A., Frederiksson, A., Valkonen, J.P. Potato gene Y-1 is an N gene homolog that confers cell death upon infection with potato virus Y. *Mol Plant Microbe Interact*;15:717e27, 2002.
- [71] Takahashi, H., Suzuki, M., Natsuaki, K., Shigyo, T., Hino, K., Teraoka, T, et al. Mapping the virus and host genes involved in the resistance response in cucumber mosaic virus infected *Arabidopsis thaliana*. *Plant Cell Physiol*; 42:340e7, 2001.
- [72] Gallois, J.L., Charron, C., Sánchez, F., Pagny, G., Houvenaghel, M.C., Moretti, A., et al. Single amino acid changes in the turnip mosaic virus viral genome-linked protein (VPg) confer virulence towards *Arabidopsis thaliana* mutants knocked out for eukaryotic initiation factors eIF(iso)4E and eIF(iso)4G. *J Gen Virol*;91:288e93, 2010.
- [73] Yoshii, M., Nishikiori, M., Tomita, K., Yoshioka, N., Kozuka, R., Naito, S., et al. The *Arabidopsis* Cucumovirus multiplication 1 and 2 loci encode translation initiation factors 4E and 4G. *J Virol*;78:6102e11, 2004.
- [74] Garrido-Ramirez, E.R., Sudarshana, M.R., Lucas, W.J., Gilbertson, R.L. Bean dwarf mosaic virus BV1 protein is a determinant of the hypersensitive response and avirulence in *Phaseolus vulgaris*. *Mol Plant Microbe Interact*;13: 1184e94, 2000.
- [75] Chisholm, S.T., Mahajan, S.K., Whitham, S.A, Yamamoto, M.L., Carrington, J.C. Cloning of the *Arabidopsis* RTM1 gene, which controls restriction of long distance movement of Tobacco etch virus. *Proc Natl Acad Sci USA*;97:489e94, 2000.
- [76] Whitham, S.A., Anderberg, R.J., Chisholm, S.T., Carrington, J.C. *Arabidopsis* RTM2 gene is necessary for specific restriction of tobacco etch virus and encodes an unusual small heat shock-like protein. *Plant Cell*;12:569e82, 2000.
- [77] Wittmann, S., Chatel, H., Fortin, M.G., Laliberte, J.F. Interaction of the viral protein genome linked of turnip mosaic potyvirus with the translational eukaryotic initiation factor (iso) 4E of *Arabidopsis thaliana* using the yeast two-hybrid system. *Virology*; 234:84e92, 1997.

- [78]** Meyers, B.C., Kaushik, S., Nandety, R.S. Evolving disease resistance genes. *Curr Opin Plant Biol* 8:129–134, 2005.
- [79]** Dangl, J.L., Jones, J.D. Plant pathogens and integrated defence responses to infection. *Nature* 411:826–833, 2001.

CBS VE UA TEKNİKLERİ KULLANILARAK TARIM ALANLARINDA DRENAJ PROBLEMİNİN GÖRÜLDÜĞÜ SAHALARIN BELİRLENMESİ VE HARİTALANMASI

Doç. Dr. Emre ÖZŞAHİN

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, - 0000-0001-8169-6908

ÖZET

Dünya nüfusunun katlanarak artışına karşın tarım alanlarında büyük kayıplar yaşanmaktadır. Bu fenomen gıda güvenliği ve sürdürülebilir gıda üretimi için ciddi bir tehdittir. Dolayısıyla mevcut tarım alanları optimum bir şekilde korunarak kullanılmalıdır. Bunun için öncelikle tarım alanlarında ön plana çıkan temel sorunların tespit edilmesi ve çözümlenmesi gerekir. Günümüzde tarım alanlarında karşılan en yaygın problem, drenaj yetersizliğidir. Son zamanlarda bu problem, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) gibi mekânsal bilgi teknolojileri kullanılarak kolayca belirlenip, haritalanmaktadır. Bu çalışmada CBS ve UA teknikleri kullanılarak tarım alanlarında drenaj probleminin görüldüğü sahaların tespit edilmesi ve haritalanması amaçlanmıştır. Bunun için Tekirdağ ili özelinde tarım alanlarının yayılım gösterdiği ve toprak drenajının yetersiz olduğu bir pilot test alanı seçilmiştir. Bu alandan İnsansız Hava Araçları (İHA) tabanlı UA teknolojileriyle rastgele örnekleme yöntemiyle toplanan veriler, CBS teknikleri kullanılarak işlenmiştir. Böylece drenaj probleminin tarımsal gelişimi ve üretimi sınırladığı muhtemel alanlar belirlenip, haritalandırılmıştır. Ayrıca örneklemelerin drenaj problemine yol açan temel faktörlerle ilişkisi araştırılmıştır. Çalışma sonuçları drenaj probleminin eğimin azaldığı ve balçık ve kil tekstürlü ağır bünyeli toprak özelliklerinin görüldüğü I.-II.-III. sınıf tarım arazileri için çok ciddi bir problem olduğunu göstermiştir. Doğrudan tarımsal üretimi etkileyen bu tehdit, yağışlı mevsimlerde tahıl yetiştirilen tarım arazilerinde verim ve kalitenin düşmesine sebep olmaktadır. Bu durum bölge ve ülke ekonomisi bakımından dezavantaj oluşturmaktadır. Çalışma verileri Tekirdağ ve Trakya yarımadası evrenlerinde yapılacak benzer araştırmalar için eğitim veya test verisi olarak kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: CBS, UA, İHA, Drenaj, Tarım alanları.

DETERMINATION AND MAPPING OF DRAINAGE PROBLEMS IN AGRICULTURAL AREAS USING GIS AND REMOTE SENSING TECHNIQUES

ABSTRACT

Despite the rapid increase in the world's population, there are significant losses in agricultural areas. This phenomenon is a serious threat to food security and sustainable food production. Therefore, existing agricultural areas should be used optimally by protecting them. For this purpose, the main problems that stand out in agricultural areas should be identified and solved first. The most common problem encountered in agricultural areas today is insufficient

drainage. Recently, this problem can be easily identified and mapped using spatial information technologies such as Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS). This study aims to determine and map the areas where drainage problems occur in agricultural areas using GIS and RS techniques. For this purpose, a pilot test area was selected in Tekirdag province, where agricultural areas are widespread and soil drainage is insufficient. Data collected using Unmanned Aerial Vehicles (UAV) based RS technologies with a random sampling method in this area were processed using GIS techniques. Thus, the possible areas where drainage problems limit agricultural development and production were identified and mapped. In addition, the relationship between the sampled data and the main factors causing drainage problems was investigated. The study results showed that drainage problems are a serious problem for Class I.-II-III. agricultural lands with low slopes and heavy clay and mud-textured soils. This threat, which directly affects agricultural production, causes a decrease in yield and quality in agricultural lands where cereal is grown in rainy seasons. This situation creates a disadvantage for the regional and national economies. The study data can be used as training or test data for similar research to be conducted in the Tekirdag and Thrace Peninsula populations.

Keywords: GIS, RS, UAV, Drainage, Agricultural areas.

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun katlanarak artışına karşın tarım alanlarında büyük kayıplar yaşanmaktadır (Winkler vd., 2021). Temel gıda maddelerinin yeterli ve dengeli bir şekilde temin edilmesini veya paylaşılmasını güçleştiren bu fenomen, gıda güvenliği ve sürdürülebilir gıda üretimi için ciddi bir problemdir (Byrne vd., 2023). Bu probleminin çözülmesi için hem tarım alanlarından en yüksek verimi almak hem de bu alanların sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasını sağlamak gerekmektedir (Vijay ve Armsworth, 2021). Bundan dolayı öncelikle tarım alanlarında ön plana çıkan mevcut sorunların tespit edilmesi ve çözülmesi gerekir.

Günümüzde tarım alanlarında karşılan en yaygın problemlerden biri drenaj yetersizliğidir (Ozsahin vd., 2022). Hatta bu problemin binlerce yıldır tarım alanlarının en kronik sorunlarından biri olduğu da bildirilmiştir (Singh, 2019). Dolayısıyla bu problemin çözümü için bilim insanları uzun zamandır kafa yormaktadır (Çetin vd., 2021). Ancak yakın zamanda bu problem, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) gibi mekânsal bilgi teknolojileri kullanılarak kolayca belirlenip, çözülmemektedir (İrvem vd., 2018). Hem CBS hem de UA teknolojilerine dayalı yöntemlerle yapılan çalışmalar zaman ve maliyet açısından olduğu kadar elde edilen sonuçların güvenilirliği ve geçerliliği bakımından da önemli avantajlar sağlamaktadır (Ozsahin vd., 2022).

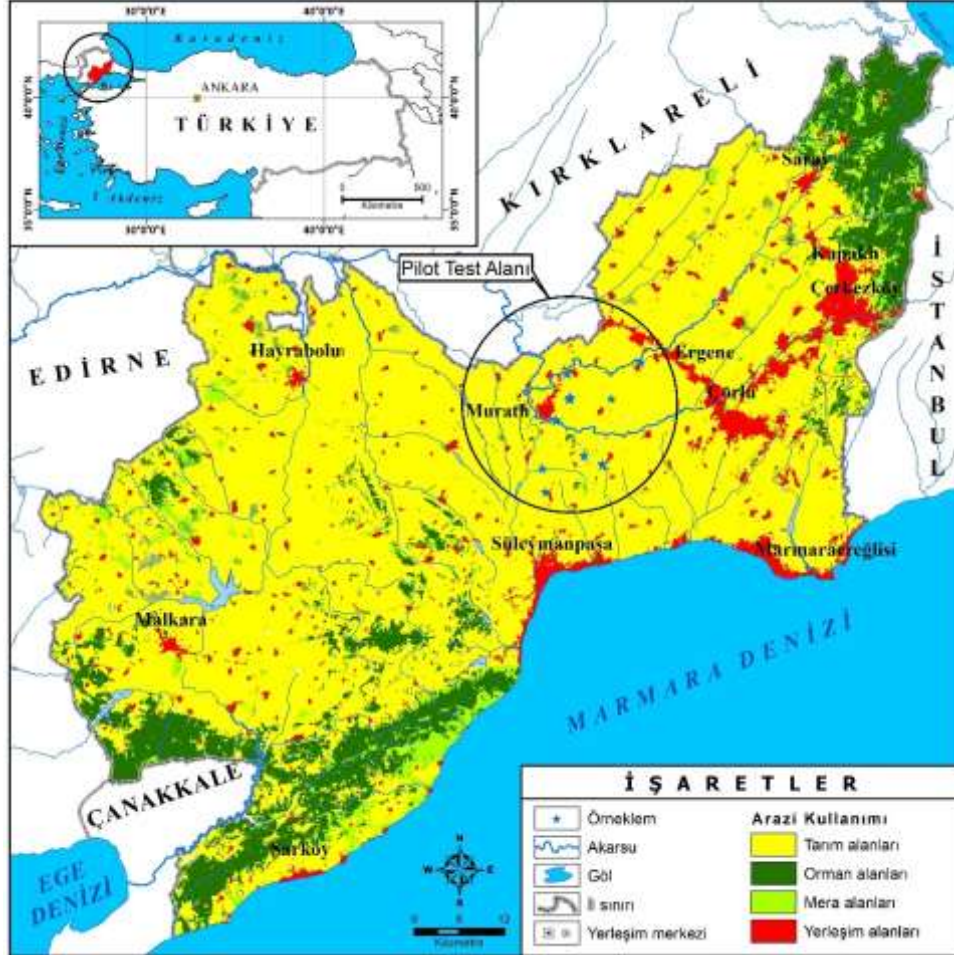
Bu çalışmada, Tekirdağ ili özelinde belirlenmiş pilot test alanından seçilmiş örneklemelerde CBS ve UA algılama teknikleri kullanılarak tarım alanlarında drenaj probleminin görüldüğü sahaların tespit edilmesi ve haritalanması amaçlanmıştır. Böylece mekânsal bilgi teknolojilerinin başlıca tarımsal problemlerin çözümündeki avantajlarının ortaya konulması hedeflenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. İnceleme Alanı

İnceleme alanı, Türkiye'nin kuzeybatısında konumlanan ve Trakya Yarımadası sınırlarında yer alan Tekirdağ ilindeki tarım alanlarının yayılış gösterdiği ve toprak drenajının bozuk olduğu

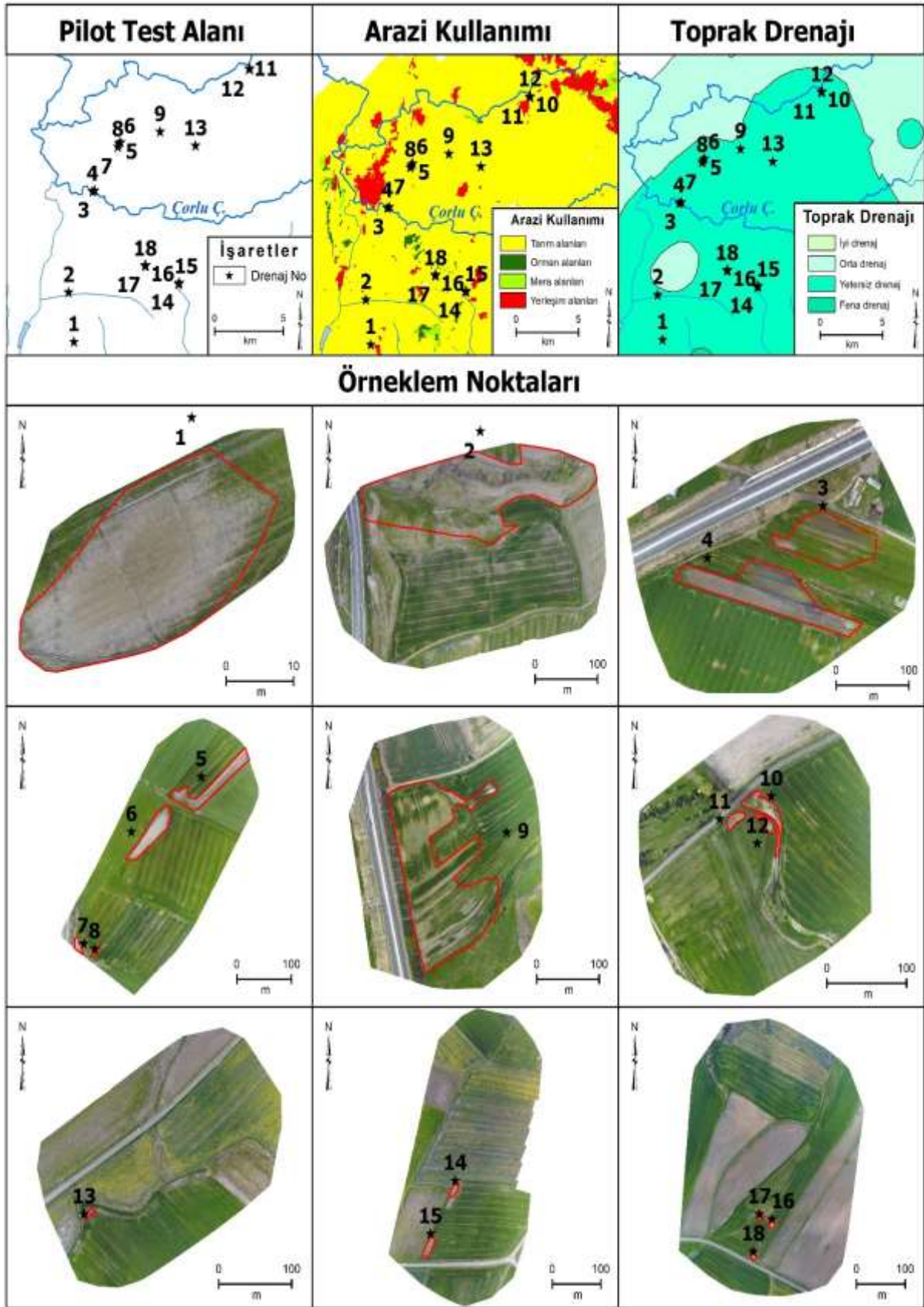
pilot test alanına tekabül etmektedir (Görsel 1). Ağırlıklı olarak tahıl tarımının yapıldığı bu sahada, toprak-su-bitki ilişkileri bakımından çözülmesi gereken en öncelikli problem drenaj sorunudur (İstanbuluoğlu vd., 2006). Dolayısıyla inceleme alanı ve yakın çevresindeki tarımsal üretimin devamı ve tarımsal verimin artırılması için güncel drenaj problemlerinin görüldüğü alanların belirlenmesi oldukça önemli bir konudur.



Görsel 1. İnceleme alanının lokasyonu ve arazi kullanım özellikleri haritası

2.2. Yöntem

Bu çalışmanın temel verileri İnsansız Hava Araçları (İHA) tabanlı UA teknolojileriyle rastgele örnekleme yöntemiyle toplanmıştır. Bu bağlamda il arazisinde tarım alanlarının yayılış gösterdiği ve toprak drenajının yetersiz olduğu 18 farklı lokasyondan görüntü alınmıştır (Görsel 2; Çizelge 1). Görüntü çekimleri, TR-IHA0H5909136 seri numaralı, DJI-PHANTOM 4 model İHA kullanılarak yapılmıştır. Görüntüler 70 m yükseklikten, enine (%80) ve boyuna (%75) bindirme oranı kullanılarak çekilmiştir. Böylece her bir lokasyon için standart çözünürlüğü (50 cm) olan ortofoto görüntüleri elde edilmiştir. Bu görüntüler yardımıyla tarım alanlarındaki bozuk drenaj alanlarının aktüel sınırları tespit edilmiştir. Daha sonra bu sınırların drenajı etkileyen temel faktörler ile olan genel ilişkisi irdelenmiştir. Çalışma haritalarının hazırlanması ve mekânsal analizler ArcGIS/ArcMAP 10.8, İHA görüntülerinin işlenmesi ise ArcGIS Drone2Map yazılımları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Görsel 2. İnceleme alanındaki tarım alanlarının yayılış gösterdiği ve toprak drenajının yetersiz olduğu örneklem noktaları ve ortofoto görüntüleri

Çizelge 1. Örneklemelerin konum, alan ve yükseklik bilgileri

Pilot Test Alanı (Örneklem No)	Koordinatlar		Alan (ha)	Yükseklik (m)
	Enlem	Boylam		
1	41° 04' 26.157" K	27° 30' 4.473" D	0.06	205
2	41° 06' 07.690" K	27° 29' 48.819" D	2.99	126
3	41° 09' 36.985" K	27° 31' 11.446" D	0.60	80
4	41° 09' 34.992" K	27° 31' 4.624" D	0.83	80
5	41° 11' 15.456" K	27° 32' 33.051" D	0.30	103
6	41° 11' 12.633" K	27° 32' 27.544" D	0.23	101
7	41° 11' 06.854" K	27° 32' 23.743" D	0.02	101
8	41° 11' 06.582" K	27° 32' 24.599" D	2.61	101
9	41° 11' 36.674" K	27° 34' 36.437" D	0.03	74
10	41° 13' 45.321" K	27° 39' 17.433" D	0.02	90
11	41° 13' 44.521" K	27° 39' 14.637" D	0.09	90
12	41° 13' 43.650" K	27° 39' 16.654" D	0.01	90
13	41° 11' 07.431" K	27° 36' 26.335" D	1.05	120
14	41° 06' 26.366" K	27° 35' 33.541" D	0.13	237
15	41° 06' 23.280" K	27° 35' 31.321" D	0.03	236
16	41° 07' 02.489" K	27° 33' 49.154" D	0.04	203
17	41° 07' 02.797" K	27° 33' 48.056" D	0.03	202
18	41° 07' 00.614" K	27° 33' 47.495" D	0.05	200

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

İnceleme alanındaki farklı tarım arazilerinden toplanan yersel verilere göre eğim, yerşekilleri, toprak tekstürü, akarsulara mesafe, yeraltı suyu derinliği, hidrojeoloji, yağış ve arazi kullanım kabiliyeti gibi faktörler drenaj problemine yol açmaktadır (Çizelge 2; Görsel 3).

Çizelge 2. Örneklemelerin drenajı etkileyen faktörlerle olan ilişkisi

No	E	Y	TT	SKM	YSS	Hj	Y	AKK
1	0.01	Plato	Balçık	1000->	50-75	Geçirimli ortam	520	II. sınıf
2	0.88	Ova	Balçık	0-500	50-75	Geçirimli ortam	521	I. sınıf
3	4.30	Ova	Kumlu kil	0-500	32.85-50	Yarı geçirimli ortam	532	I. sınıf
4	4.81	Ova	Kumlu kil	0-500	32.85-50	Yarı geçirimli ortam	532	I. sınıf
5	1.12	Plato	Balçık	500-1000	32.85-50	Geçirimsiz ortam	524	II. sınıf
6	0.00	Plato	Killi balçık	500-1000	32.85-50	Geçirimsiz ortam	547	II. sınıf
7	1.31	Plato	Killi balçık	0-500	32.85-50	Geçirimsiz ortam	547	II. sınıf
8	0.00	Plato	Killi balçık	0-500	32.85-50	Geçirimsiz ortam	547	II. sınıf
9	8.89	Ova	Kumlu kil	0-500	32.85-50	Geçirimsiz ortam	532	I. sınıf
10	3.23	Ova	Balçıklı kum	0-500	50-75	Geçirimsiz ortam	536	II. sınıf
11	4.10	Ova	Balçıklı kum	0-500	50-75	Geçirimsiz ortam	537	II. sınıf
12	0.00	Ova	Kumlu kil	0-500	50-75	Geçirimsiz ortam	533	II. sınıf
13	0.88	Plato	Balçık	1000->	32.85-50	Geçirimsiz ortam	521	II. sınıf
14	0.00	Plato	Killi balçık	0-500	50-75	Geçirimsiz ortam	547	III. sınıf
15	11.94	Plato	Balçık	0-500	50-75	Geçirimsiz ortam	534	III. sınıf
16	0.00	Plato	Balçık	500-1000	50-75	Geçirimsiz ortam	520	III. sınıf
17	0.79	Plato	Balçık	500-1000	50-75	Geçirimsiz ortam	521	III. sınıf
18	0.79	Plato	Balçık	500-1000	50-75	Geçirimli ortam	521	III. sınıf

E: Eğim (%), Y: Yerşekilleri, TT: Toprak tekstürü, AM: Akarsulara mesafe, YSS: Yeraltı suyu derinliği, Hj: Hidrojeoloji, Y: Yağış, AKK: Arazi kullanım kabiliyeti



Görsel 4. İnceleme alanındaki bazı tarım alanlarında drenaj problemi yaygın bir şekilde izlenmektedir.

Eğim, yüzeysel akış ve drenaj yoğunluğu üzerinde belirleyici rol oynadığı için drenaj probleminin ortaya çıkmasına etki eden temel faktörlerdendir (Atalay, 2018). İnceleme alanındaki tarım alanlarında drenaj sorunu daha çok düzlük olarak tanımlanan (Cürebal ve Özşahin, 2022) eğim sınıflarında (%0-5) görülmektedir (Çizelge 2, Görsel 4).

Yerçekilleri, yüzeydeki ve yeraltındaki suyun hareketinde etkili olan bir parametredir (Franzmeier vd., 2001). Zira düz ve düze yakın eğim özelliklerine sahip yerçekillerinin (ovalar ve platolar) bulunduğu sahalarda drenaj problemi daha yaygındır (Ozsahin vd., 2022). Dolayısıyla inceleme alanındaki drenaj problemleri ağırlıklı olarak ovalarda daha sonra da platolarda izlenmektedir (Çizelge 2, Görsel 4).

Toprak tekstürü suyun toprak içindeki hareketini doğrudan etkilemektedir (Atalay, 2016). Bu sebeple drenaj problemi genellikle balçık ve kil tekstürlü ağır bünyeli toprak özelliklerinin görüldüğü sahalarda ortaya çıkmaktadır (Çizelge 2, Görsel 4). İnceleme alanındaki drenaj sorunu balçıklı kum, kil, balçık ve kumlu kil bünyede toprakların yayılış gösterdiği alanlarda daha yaygındır.

Akarsulara mesafe, zeminin nemlilik derecesinin artmasında etkilidir (Ozsahin vd., 2022). Böylece drenaj koşulları üzerinde hem doğrudan hem de dolaylı bir belirleyiciliğe sahiptir. İnceleme alanında drenaj problemi, genellikle akarsulara 0-500 m mesafe aralığında daha yaygın bir şekilde izlenmektedir (Çizelge 2, Görsel 4).

Yeraltı suyu, derinliğinin artması nispetinde drenaj probleminin varlığını tetiklemektedir (Van der Molen vd., 2007). İnceleme alanında yeraltı su seviyesinin 33-75 m derinlikte olduğu alanlarda drenaj problemi daha çok görülmektedir (Çizelge 2, Görsel 4).

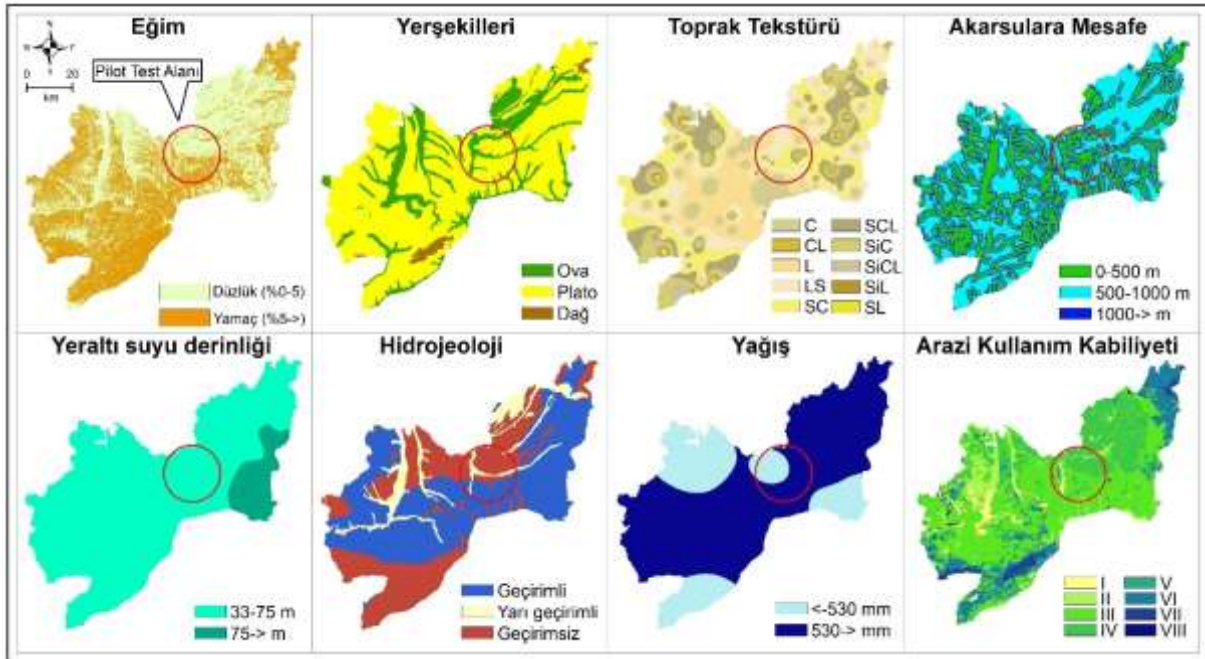
Hidrojeoloji, zeminin jeolojik özellikleri ve yeraltı suyu arasındaki ilişkisini yansıtmaları bakımından drenaj koşullarını etkilemektedir (Skaggs vd., 1994). Hidrojeolojik bakımından

geçirimli, yarı geçirimli ve geçirimsiz ortam koşullarının tespit edildiği (Özşahin ve Eroğlu, 2018) inceleme alanında, drenaj problemi genellikle yarı geçirimli ve geçirimsiz ortam koşullarının etkili olduğu sahalarda yayılım göstermektedir (Çizelge 2, Görsel 4).

Yağış, şiddet ve frekans artışlarıyla drenaj probleminin ortaya çıkmasını tetiklemektedir (McCarty vd., 2016). İnceleme alanında özellikle sağanak şeklindeki yağışların etkili olduğu mevsimlerde ciddi drenaj problemleri ortaya çıkmaktadır (Çizelge 2).

Arazi kullanım kabiliyeti drenaj durumunu kontrol eden bir diğer faktördür (Grose, 1999). İnceleme alanında drenaj problemi daha çok tahıl tarımının yapıldığı I.-II. ve III. sınıf araziler için büyük bir tehdittir (Çizelge 2, Görsel 4).

Pilot test alanındaki örneklemelerden elde edilen veriler il arazisine genelleştirildiğinde, Tekirdağ ili için drenajın daha yaygın olarak geçirimsiz ortam koşulları altındaki eğimin azaldığı, ağır bünyeli toprak özelliklerinin görüldüğü, akarsulara yakın ve yeraltı suyu seviyesinin yüksek olduğu I.-II.-III. sınıf tarım arazilerinde ve sağanak şeklinde yağışların etkili olduğu mevsimlerde çok ciddi bir problem olduğu anlaşılmıştır (Çizelge 2, Görsel 4).



Görsel 4. Örneklem verilerine göre drenajı etkileyen faktörlerin Tekirdağ il alanına genelleştirilmiş haritaları

4. SONUÇ

Çalışmadaki pilot test alanındaki örneklemelere ait bulgulara göre Tekirdağ ilindeki drenaj probleminin geçirimsiz ortam koşulları altındaki eğimin azaldığı, ağır bünyeli toprak özelliklerinin görüldüğü, akarsulara yakın ve yeraltı suyu seviyesinin yüksek olduğu II. sınıf tarım arazilerinde ve sağanak şeklinde yağışların etkili olduğu mevsimlerde çok ciddi boyutlara ulaştığı anlaşılmıştır. Doğrudan tarımsal üretimi etkileyen bu tehdit, tahıl yetiştirilen tarım arazilerinde verim ve kalitenin düşmesine sebep olmaktadır. Böylece bölge ve ülke ekonomisi bakımından dezavantajlı bir durum ortaya çıkmaktadır. Zira bu bölge, Türkiye'nin tahıl tarımı bakımından önemli bir üretim alanıdır. Bu çalışmanın verileri Tekirdağ ve Trakya yarımadası evrenlerinde yapılacak benzer araştırmalar için eğitim veya test verisi olarak kullanılabilir. Böylece farklı lokasyonlarda bozuk drenaja yol açan başlıca faktörlerin bir arada değerlendirilmesiyle benzer alanların gelişebileceği potansiyel yerler saptanabilir.

KAYNAKÇA

- Atalay, İ. Uygulamalı Hidrografiya. 2. Baskı, Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, İzmir, 2018.
- Atalay, İ., Toprak Oluşumu, Sınıflandırması, Coğrafyası, 5. Baskı, Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, İzmir, 2016.
- Byrne, I., Healy, M.G., Fenton, O., Tuohy, P., Assessment of the hydraulic and filter performance of different drainage stone aggregates to elucidate an optimum size range for use in clay-textured soils, *Agricultural Water Management*, 278:108164. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108164>, 2023.
- Cürebal, İ., Özşahin, E., Harita Bilgisi (Bilgisayar Uygulamalı Tasarım ve Analiz), Ekin Basın Yayın Dağıtım, Bursa, 2022.
- Çetin, M., Kaman, H., Sesveren, S., Yoğun Sulama Uygulamalarının Taban Suyu Derinlikleri Üzerine Olan Zamansal ve Mekânsal Etkilerinin Değerlendirilmesi: Akarsu Sulama Birliği Sahası Örneği, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(4):649-659. <https://doi.org/10.33462/jotaf.879491>, 2021.
- Franzmeier, D.P., Kladienko, E.J., Jenkinson, B.J., *Drainage and Wet Soil Management - Wet Soils of Indiana*, Natural Resources Conservation Service Rockport, IN, 2001.
- Grose CJ (ed) *Land capability handbook. guidelines for the classification of agricultural land in Tasmania*, Department of Primary Industries, Water and Environment, Tasmania, Australia, 1999.
- Irvem, A., Asil, H., Ozbuldu, M., Kırıkhan İlçesindeki Taban Suyu Derinliğindeki Değişimin CBS ile Analizi, *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23 (2): 158-164, 2018.
- Istanbuluoglu, A., Konukcu, F., Kocaman, İ., Trakya Bölgesi Su Kaynaklarının Geliştirilmesi ve Sulu Tarım Uygulamaları: Mevcut Verilerin Sorunların Çözümü İçin Analizi, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(2): 139-152, 2006.
- McCarty L. B., Hubbard, L. R., Quisenberry, Jr. V., *Applied Soil Physical Properties, Drainage, and Irrigation Strategies*, Springer International Publishing, Switzerland.
- Ozsahin, E., Alturk, B., Ozdes, M., Sari, H., Eroglu, I., GIS-based spatial prediction of poor-drainage areas using frequency ratio: a case study of Tekirdag Province, Turkey. *Applied Geomatics* 14:369-386. <https://doi.org/10.1007/s12518-022-00439-x>, 2022.
- Özşahin, E., Eroğlu, İ. (2018). *Ekolojik Koşullara Göre Tekirdağ İlinin Arazi Kabiliyet Sınıflandırması*. Kriter Yayınevi, İstanbul, ISBN: 978-605-2228-27-2, 2016.
- Sing, A., Poor-drainage-induced salinization of agricultural lands: Management through structural measures, *Land Use Policy*, 82:457-463, 2019.
- Skaggs, R.W., Breve, M.A., Gilliam, J.W., Hydrologic and water quality impacts of agricultural drainage, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 24, 1-32, 1994.
- Van der Molen, W.H., Martinez Beltran, J., Ochs, W.J. *Guidelines and computer programs for the planning and design of land drainage systems*. Irrigation and Drainage Paper 62, Food and Agriculture Organisation, Rome, Italy, 2007.
- Vijay, V., Armsworth, P.R., Pervasive cropland in protected areas highlight trade-offs between conservation and food security, *PNAS*, 118(4):e2010121118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2010121118>, 2021.
- Winkler, K., Fuchs, R., Rounsevell, M., Herold, M., Global land use changes are four times greater than previously estimated, *Nature Communications* 12, 2501. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22702-2>, 2021.

TR21 TRAKYA BÖLGESİ (TÜRKİYE) İÇİN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN SEBEP OLDUĞU DENİZ SEVİYESİ YÜKSELMESİ VE ETKİLERİ

Doç. Dr. Emre ÖZŞAHİN

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, - 0000-0001-8169-6908

Yüksek lisans öğrencisi Mikayıl ÖZTÜRK

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi,

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, TR21 Trakya Bölgesi için iklim değişikliğinin sebep olduğu deniz seviyesi yükselmesi ve etkilerinin tespit edilmesidir. Bu doğrultuda 2100-2500 yılları arasındaki bir asırlık dönemler halinde potansiyel deniz seviye yükselmesinin kıyı alanlarına olası etkileri ana çizgileriyle araştırılmıştır. Böylece TR21 Trakya Bölgesindeki kıyı ve arazi kullanımı planlamalarına katkı sağlamak hedeflenmiştir. Çalışmanın temel çerçevesi iklim değişikliği modellerinin yüksek olasılıklı senaryo aralığının maksimum değerlerinin olası deniz seviyesi yükselme ölçülerine göre şekillendirilmiştir. Bu ölçüler Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tekniklerine dayalı yöntemlerle işlenerek senaryo yıllarına ait potansiyel deniz seviye yükselmesi haritaları üretilmiştir. Küresel deniz seviyesi değişimine ait yüksek olasılıklı senaryo aralığının maksimum değerleri dikkate alındığında TR21 Trakya Bölgesinde 2100-2500 yılları arasında deniz seviyesinin 6.63 m yükseleceği anlaşılmıştır. Bu yükselmeye birlikte 118585.85 ha arazi deniz suları tarafından işgal edilecektir. Bölge yüzölçümünün %6.31'lik kısmına karşılık gelen bu arazilerin en fazla Edirne ili sınırları içerisinde yayılış gösterdiği belirlenmiştir. Hem ulusal ve uluslararası bakımdan popüler doğal kaynak değerleri hem de Türkiye ekonomisi için kritik öneme sahip sosyo-ekonomik faktörlerin yoğun bir şekilde bulunduğu bölge kıyılarında, iklim değişikliğinin sebep olduğu deniz seviyesi yükselmesinden en fazla alçak kıyıların etkileneceği saptanmıştır. Dolayısıyla bölgenin kıyı kuşağındaki alçak kıyıları için ivedilikle sürdürülebilir önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu çalışmanın sonuçları konu hakkında gerekli önlemlerin alınmasına rehberlik ettiği gibi planlama ve uygulama faaliyetlerinin daha sağlıklı bir şekilde yapılmasına destek olabilir.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, Deniz seviyesi yükselmesi, SYM, CBS, TR21 Trakya Bölgesi.

THE EFFECT OF SEA LEVEL RISE CAUSED BY CLIMATE CHANGE FOR TR21 THRACE REGION (TÜRKİYE)

ABSTRACT

This study aims to determine the sea level rise caused by climate change and its possible effects on coastal areas for the TR21 Thrace Region. In this context, the possible effects of sea level rise on coastal areas have been investigated in century-long periods between 2100-2500. The goal is to contribute to coastal and land use planning in the TR21 Thrace Region. The basic framework of the study has been shaped according to the possible sea level rise measurements

based on the maximum values of the high probability scenario range of climate change models. These measurements were processed using methods based on Geographic Information Systems (GIS) techniques by using the Digital Elevation Model (DEM) to produce potential sea level rise maps for the scenario years. When the maximum values of the high probability scenario range for global sea level change are taken into account, it is understood that the sea level in the TR21 Thrace Region will rise by 6.63 m between 2100-2500. With this rise, 118585.85 hectares of land will be occupied by seawater. It was determined that these lands, which correspond to 6.31% of the region's total area, are mostly located within the boundaries of Edirne province. It was found that the low coasts of the region, which are characterized by both popular natural resources on a national and international scale and socio-economic factors critical to the Turkish economy, will be affected the most by the sea level rise caused by climate change. Therefore, sustainable measures must be taken urgently for the low coasts in the coastal zone of the region. The results of this study can guide the necessary measures to be taken on the subject and support the planning and implementation activities to be carried out more reliably.

Keywords: Climate change, Sea level rise, DEM, GIS, TR21 Thrace Region.

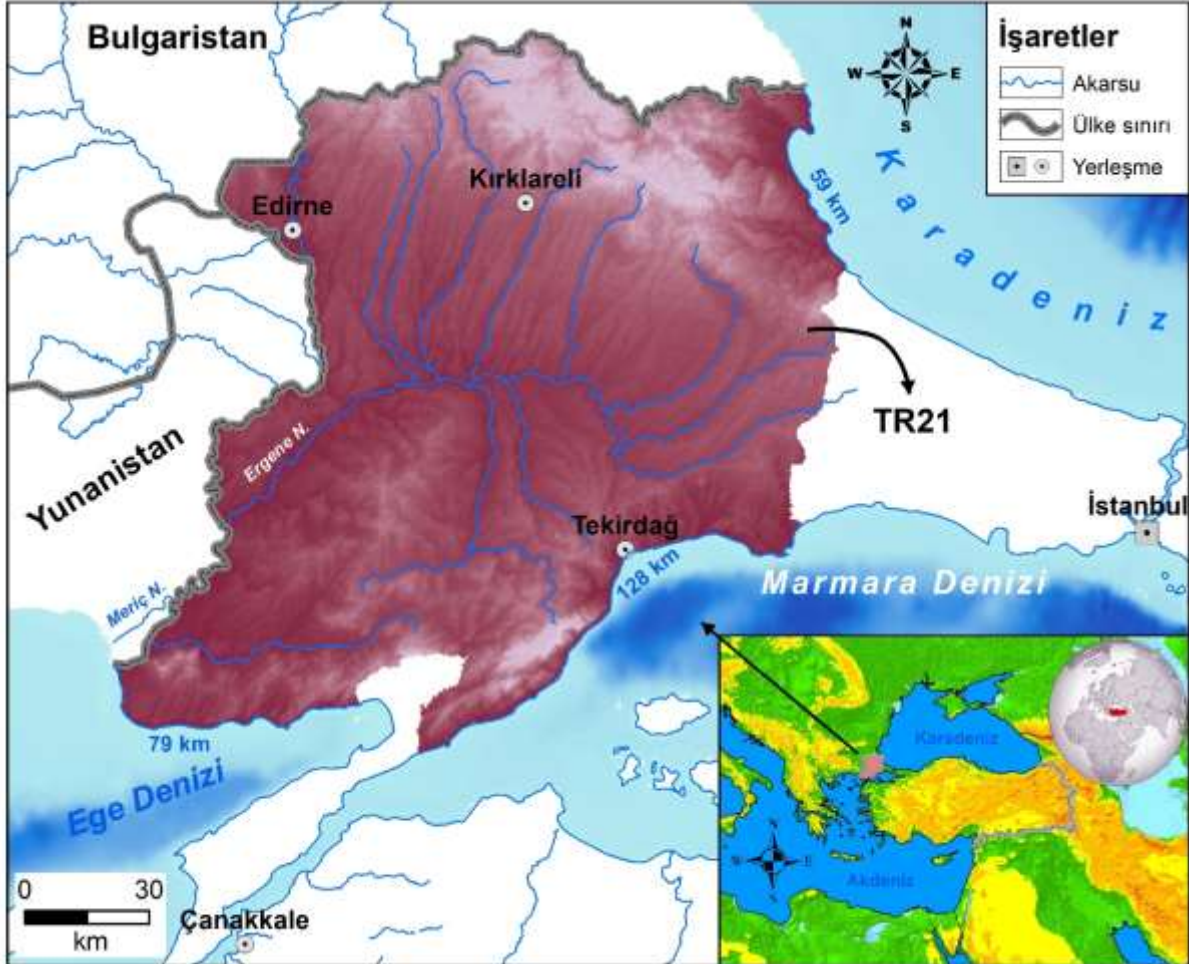
1. GİRİŞ

Deniz seviyesi yükselmesi, kıyı bölgelerindeki doğal ve beşeri sistemlerde dramatik değişimlere yol açan büyük bir tehdit olarak görülmektedir (Kopp vd., 2014; Wahl vd., 2017). Zira kara ile deniz arasındaki en üretken geçiş alanları olan kıyı bölgeleri, dünyadaki nüfusun ve sosyo-ekonomik faaliyetlerin önemli bir kısmının yoğunlaştığı ekosistemlere karşılık gelmektedir (Revi vd., 2014). Dolayısıyla kıyı bölgelerindeki gelişme ve demografik yoğunlaşma süreciyle birlikte deniz seviyesi yükselmesiyle ilişkili kıyı tehlikeleri artmıştır (Griggs ve Reguero, 2021). Mevcut imkânlar ve teknolojilerle deniz seviyesi yükselmesini engellemek mümkün olmasa bile kıyı bölgesinde ortaya çıkabilecek çeşitli türden risklerin minimize edilmesine yönelik planlamalar yapılabilir (Ergin, 2010). Bunun için yakın zamanda Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tekniklerine dayalı yöntemlerle kara alanında su altında kalacak yerler belirlenip, haritalandırılmaktadır (Gargiulo vd., 2023). Böylece deniz seviyesi yükselmesinin doğal çevre ve sosyo-ekonomik faaliyetler üzerindeki etkisi daha sağlıklı bir şekilde anlaşılmaktadır (Nevermann vd., 2023). Bu konuda hem dünya (Lopes vd., 2023; Liang vd., 2023; Enwright vd., 2023; Filippaki vd., 2023) hem de Türkiye (Kuleli vd., 2009; Kuleli, 2010; Simav, 2012; Simav ve Şeker, 2013; Simav vd., 2015; Kahraman ve Sılaydın Aydın, 2016; Geymen ve Dirican, 2016; Üstün, 2019) kıyılarındaki örnek alanlarda bazı çalışmalar yapılmasına rağmen ilgili literatür hala yetersizdir. Bu çalışmanın amacı, TR21 Trakya Bölgesi için iklim değişikliğinin sebep olduğu deniz seviyesi yükselmesi ve etkilerinin tespit edilmesidir. Bu doğrultuda 2100-2500 yılları arasındaki bir asırlık dönemler halinde potansiyel deniz seviye yükselmesinin kıyı alanlarına etkileri araştırılmıştır. Böylece T21 Trakya Bölgesindeki kıyı ve arazi kullanımı planlamalarına katkı sağlamak hedeflenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. İnceleme Alanı

İnceleme alanı, Türkiye İstatistik bölgelerinden Düzey 1 Batı Marmara Bölgesi'nde yer alan Düzey 2 TR21 Trakya Bölgesidir. Tekirdağ, Edirne ve Kırklareli illerinden oluşan bu bölge, 18.665 km² alan kapsamaktadır (Görsel 1).



Görsel 1. İnceleme alanının lokasyon haritası

26°01'49" – 28°08'41" doğu boylamları ile 40°32'24" – 42°06'35" kuzey enlemleri arasında kalan inceleme alanı, Avrupa kıtasının doğu uzantısını teşkil eden Trakya Yarımadasının önemli bir kısmına karşılık gelmektedir (Görsel 1). Karadeniz, Marmara ve Ege denizleriyle çevrili olan bu bölgenin kıyı çizgisi uzunluğu 266 km'dir. İnceleme alanının kıyı bölgelerinde iklim değişikliğinden kaynaklanabilecek muhtemel doğal risklerden birisi de deniz seviyesi yükselmesidir (Özşahin vd., 2019). Zira üç tarafından farklı denizlerle çevrili olan bu sahada son yarım asırda deniz seviyesi sürekli bir artış trendi göstermiştir (Alabay, 2022). Bu bakımdan inceleme alanında gelecek deniz seviyesi yükselmesinin etkilerini anlamak, insan ve çevre arasındaki ilişkinin kabul edilebilir bir noktada tutulması bakımından zaruridir.

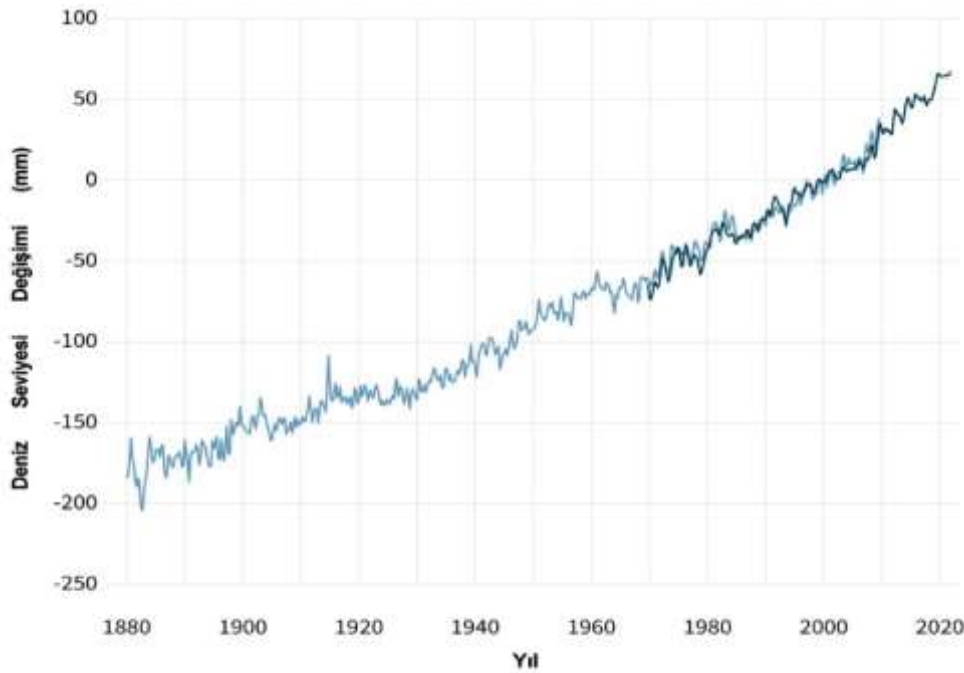
2.2. Yöntem

Bu çalışma, yüksek çözünürlüklü (Çözünürlük: 5 m) Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) verisine dayalı bir şekilde gerçekleştirilmiştir (HGM, 2023). Çalışma kapsamında öncelikle Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) 5. Değerlendirme Raporundaki iklim değişikliği modellerinin yüksek olasılıklı senaryo aralığının maksimum değerleri kullanılarak

olası deniz seviyesi yükselmesinin ölçüleri belirlenmiştir (IPCC, 2013). SYM verisi gelecek deniz seviye yükselmesi ölçülere göre CBS teknikleriyle işlenmiş ve senaryo yıllarına göre potansiyel deniz seviyesi yükselmesi haritaları oluşturulmuştur. Çalışmadaki analizler ve tematik haritalar, CBS yazılımlarından biri olan ArcGIS/ArcMAP 10.8 paket programı kullanılarak yapılmıştır.

3. BULGULAR

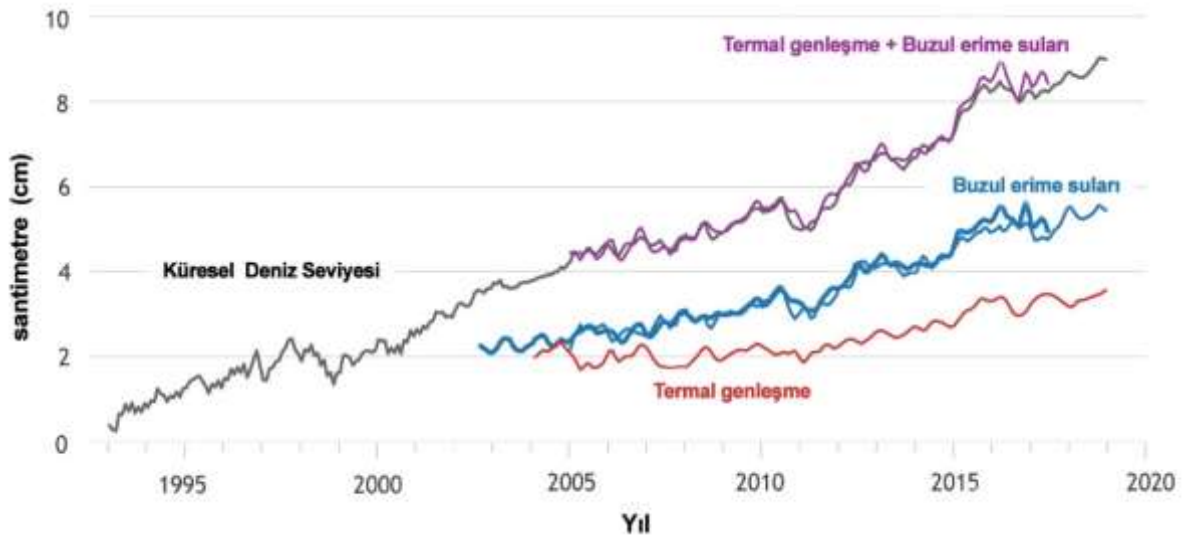
Deniz seviyesi yükselmesi, iklim değişikliğinin önemli bir etkisi olarak değerlendirilmektedir (Mimura, 2013). Bu sebeple bilim insanları mevcut gözlemler ve bilimsel çalışmalara dayalı olarak bir yüzyıldan daha fazla bir süredir çeşitli yöntemlerle elde edilen verileri kullanarak küresel deniz seviyesi değişim oranlarını hesaplamaktadırlar (Lindsey, 2022). Buna göre zamansal ve mekânsal değişim gösteren küresel deniz seviyesinin (Milne vd., 2009), 1880 yılından günümüze doğru artarak yükseldiği tespit edilmiştir (Lindsey, 2022; Görsel 2).



Görsel 2. Küresel deniz seviyesinin zamansal değişimi (1880-2020) (Lindsey, 2022)

Deniz seviyesi yükselmesi ile ilgili veriler özellikle 1993 yılında uydu altimetre kayıtlarına ait ölçümlerin başlamasıyla daha hassas bir boyut kazanmıştır. Bu kayıtlara göre küresel deniz seviyesinin 1993 yılından beri yılda 3 mm'den daha yüksek bir oranda arttığı saptanmıştır (Abadie vd., 2019; Görsel 3). Bu yükselmelerin termal genleşme ve çoğunlukla da buzul erimeleriyle alakalı olduğu bildirilmiştir (Lindsey, 2022).

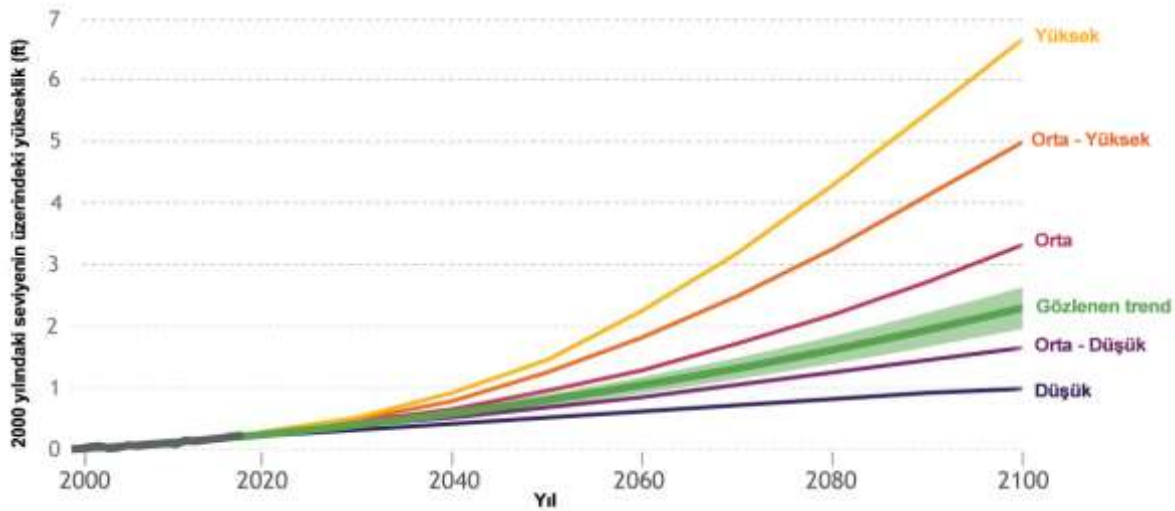
Deniz seviyesi yükselmesi gelecekteki sera gazı emisyon oranlarına bağlı bir şekilde tahmin edilebilmektedir. Bu tahminler doğrultusunda farklı modeller üzerinden yapılan çözümlemelere göre gelecek yüzyıllarda küresel deniz seviyesi değişim miktarı ile ilgili olarak katkı kaynakları bakımından çeşitli senaryolar öngörülmektedir (Çizelge 1; Görsel 4). Ancak deniz seviyesinin 21. yüzyıl ve sonrasında yükselmeye devam edeceği kesin olarak kabul edilmektedir (IPCC, 2013). Hatta mümkün olan en düşük sera gazı emisyonu ve ısınma (1.5 °C) bile olsa küresel ortalama deniz seviyesinin 2000 yılındakinin en az 0.3 m üzerine çıkacağı sonucuna ulaşılmıştır (Lindsey, 2022).



Görsel 3. 1993-2018 yılları arasında meydana gelen deniz seviyesi değişimi (siyah çizgi) ve katkı kaynakları: Termal genişleme (kırmızı), buzul erime suları (mavi) ve ikisi birlikte (mor çizgi) (Lindsey, 2022)

Çizelge 1. Düşük, orta ve yüksek senaryolara göre küresel deniz seviyesi değişimi (IPCC, 2013)

Senaryo	2100	2200	2300	2400	2500
Düşük	0.26 - 0.53 m	0.35 - 0.72 m	0.41 - 0.85 m	0.46 - 0.94 m	0.50 - 1.02 m
Orta	0.19 - 0.66 m	0.26 - 1.09 m	0.27 - 1.51 m	0.21 - 1.90 m	0.18 - 2.32 m
Yüksek	0.21 - 0.83 m	0.58 - 2.03 m	0.92 - 3.59 m	1.20 - 5.17 m	1.51 - 6.63 m



Görsel 4. 2000-2018 yılları arasında gözlemlenen deniz seviyesi ve gelecekteki altı farklı senaryo için 2100'e kadar olan deniz seviyesi (renkli çizgiler): Çizgiler gelecekteki sera gazı emisyonları ve küresel ısınma oranlarına ve buzul erime oranlarındaki değişimlere göre farklılık göstermektedir (Lindsey, 2022)

Küresel deniz seviyesi yükselmesinin kıyı bölgesindeki tepkisi yerel özellikler tarafından kontrol edilmektedir. Dolayısıyla bölgesel deniz seviyesi değişiklikleri, yerel özelliklerden dolayı küresel ortalamadan önemli ölçüde farklı olabilir (IPCC, 2013). Ancak yerel

Çizelge 3. İnceleme alanındaki illerde senaryo yıllarına göre etkilenecek alan miktarları (ha)

TR21 İller	Edirne		Tekirdağ		Kırklareli	
Senaryo Yılları	Etki Alanı (ha)	İl Alanına Oranı (%)	Etki Alanı (ha)	İl Alanına Oranı (%)	Etki Alanı (ha)	İl Alanına Oranı (%)
2100	3153.50	0.51	24.82	0.004	246.68	0.04
2200	9169.16	1.49	198.48	0.03	373.85	0.06
2300	18290.48	2.96	726.15	0.12	658.66	0.10
2400	35223.15	5.71	1731.86	0.28	1208.78	0.19
2500	39906.83	6.47	2161.99	0.35	1442.10	0.22
Toplam	105743.13	17.14	4843.30	0.78	3930.06	0.61

4. SONUÇ

Çalışma sonucunda TR21 Trakya Bölgesinde iklim değişikliğinin gelecek 500 yılda öngörülen deniz seviyesi yükselmesi ve potansiyel etkileri ana çizgileriyle ortaya konulmuştur. Böylece deniz seviyesi değişimlerinin kıyı alanlarındaki zamansal ve mekânsal etkileri tespit edilmiştir. İnceleme alanında hem ulusal ve uluslararası bakımdan popüler doğal kaynak değerlerinin hem de Türkiye ekonomisi için kritik öneme sahip sosyo-ekonomik faktörlerin yoğun bir şekilde bulunduğu kıyı kuşağında iklim değişikliğinin sebep olduğu deniz seviyesi yükselmesinden en fazla alçak kıyıların etkileneceği saptanmıştır. Dolayısıyla bölgenin kıyı kuşağındaki alçak kıyılar için ivedilikle sürdürülebilir önlemlerin (bütünleşik kıyı alanları planlaması vb.) alınması gerekmektedir. Bu çalışmanın bulguları konu hakkında gerekli önlemlerin alınmasına rehberlik ettiği gibi planlama ve uygulama faaliyetlerinin daha sağlıklı bir şekilde yapılmasına destek olabilir.

KAYNAKÇA

- Abadie, L.M., Galarraga, I., Markandya, A., Sainz de Murieta, E. (2019). Risk measures and the distribution of damage curves for 600 European coastal cities. *Environmental Research Letters*, 14(6):064021. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab185c>
- Alabay, E. (2022). Potential Implications of Sea-Level Rise in Türkiye and Its Vicinity. M.Sc. Thesis. Istanbul Technical University Graduate School, Istanbul.
- Enwright, N.M., Cheney, W.C., Evans, K.O., Thurman, H.R., Woodrey, M.S., Fournier, A.M.V., Gesch, D.B., Pitchford, J.L., Stoker, J., Medeiros, S.C. (2023). Elevation-based probabilistic mapping of irregularly flooded wetlands along the northern Gulf of Mexico coast. *Remote Sensing of Environment*, 287:113451. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2023.113451>.
- Ergin, M. (2010). Küresel Isınma, Deniz Seviyesi Değişimi ve Kıyılardaki Riskler. 63. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri (5-9 Nisan 2010) Özleri Kitabı, Editör: O. Bora Gürçay, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Afşaroğlu Matbaası, Ankara.
- Filippaki, E., Tsakalos, E., Kazantzaki, M., Bassiakos, Y. (2023). Forecasting Impacts on Vulnerable Shorelines: Vulnerability Assessment along the Coastal Zone of Messolonghi Area-Western Greece. *Climate*, 11(1):24. <https://doi.org/10.3390/cli11010024>.
- Gargiulo, C., Battarra, R., Guida, C., Tremiteira, M.R. (2023). Chapter 26 - A GIS-based tool for planning resilient climate cities. *Resilient and Sustainable Cities, Research, Policy*

- and Practice (Edited by: Zaheer Allam, Didier Chabaud, Catherine Gall, Florent Pratlong, Carlos Moreno), Chapter:26, pp.:473-494. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91718-6.00017-7>.
- Geymen, A., Dirican, A.Y. (2016). İklim Değişikliğine Bağlı Deniz Seviyesi Değişiminin Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Analiz Edilmesi. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8(1):65-74.
- Griggs, G., Reguero, B.G. (2021). Coastal Adaptation to Climate Change and Sea-Level Rise. *Water*, 13(16):2151. <https://doi.org/10.3390/w13162151>.
- HGM (2023). SYM (Sayısal Yükseklik Modeli) (Çözünürlük: 5 m) verileri, Sayısal Yüzey Modeli 5 m Seviye-0 (SYM5-L0). HGM (Harita Genel Müdürlüğü), Ankara.
- IPCC (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- IPCC (2019). Summary for Policymakers. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3-35. <https://doi.org/10.1017/9781009157964.001>.
- Kahraman, E.D., Sılaydın Aydın, M.B. (2016). Deniz Seviyesinin Yükselmesi Tehdidine Karşı Kıyı Kentlerinin Morfolojik Açından Kırılabilirlik Düzeylerinin Belirlenmesi. TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu (13-14 Ekim 2016) Bildiriler Kitabı, Editörler: Ali Özçağlar, Necla Türkoğlu, Rüya Bayar, Erkan Yılmaz, Olgu Aydın, Kerime Karabacak, s.: 675-681, Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi, Ankara. <http://hdl.handle.net/20.500.12575/4940>.
- Kopp, R. E., Horton, R.M., Little, C.M., Mitrovica, J.X., Oppenheimer, M., Rasmussen, D.J., Strauss, B.H., Tebaldi, C. (2014). Probabilistic 21st and 22nd-century sea-level projections at a global network of tide-gauge sites. *Earth's Future*, 2:383-406. <https://doi.org/10.1002/2014EF000239>.
- Kuleli, T. (2010). City-Based Risk Assessment of Sea Level Rise Using Topographic and Census Data for the Turkish Coastal Zone. *Estuaries and Coasts*, 33:640-651. <https://doi.org/10.1007/s12237-009-9248-7>.
- Kuleli, T., Şenkal, O., Erdem, M. (2009). National assessment of sea level rise using topographic and census data for Turkish coastal zone. *Environmental Monitoring and Assessment*, 156:425-434. <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0495-z>
- Liang, S., Hu, W., Liu, J., Su, S., Chen, G., Chen, S., Xie, B., Du, J., Liu, W., Chen, B. (2023). Mapping mangrove sustainability in the face of sea level rise and land use: A case study on Leizhou Peninsula, China. *Journal of Environmental Management*, 325(Part B):116554. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116554>.
- Lindsey, R. (2022) Climate Change: Global Sea Level. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), National Ocean Service, Silver Spring. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-sea-level>.

- Lopes, N.D.R., Li, T., Zhang, P., Matomela, N., Ikhumhen, H.O., Sá, R.M. (2023). Predicting future coastal land use/cover change and associated sea-level impact on habitat quality in the Northwestern Coastline of Guinea-Bissau. *Journal of Environmental Management*, 327:116804. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116804>.
- Milne, G. A., W. R. Gehrels, C. W. Hughes, and M. E. Tamisiea (2009), Identifying the causes of sea-level change, *Nature Geoscience*, 2(7):471-478. <https://doi.org/10.1038/ngeo544>.
- Mimura, N. (2013). Sea-level rise caused by climate change and its implications for society. *Proceedings of the Japan Academy, Series B Physical and Biological Sciences*, 89(7):281-301. <https://doi.org/10.2183/pjab.89.281>.
- Nevermann, H., Becerra Gomez, J.N., Fröhle, P., Shokri, N. (2023). Land loss implications of sea level rise along the coastline of Colombia under different climate change scenarios. *Climate Risk Management*, 39:100470. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2022.100470>.
- Özşahin E., Özdeş, M., Eroğlu, İ. (2019). TR21 Trakya Bölgesi'nde İklim Değişikliğinin Ekonomik Sektörler Üzerine Olası Etkileri. Bölüm 12, TR21 Trakya Bölgesinde İklim Değişikliğinin Etkileri ve Uyum Stratejileri (Editörler: Fatih Konukcu, Selçuk Albut, Bahadır Altürk), s.: 169-177, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 2.08-027-0030/A-I, Tekirdağ.
- Özşahin, E., Eroğlu, İ. (2018). Trakya Yarımadası'nın Jeomorfometrik Özellikleri. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, (1):87-98. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jader/issue/43138/523046>.
- Revi, A., Satterthwaite, D.E., Aragón-Durand, F., Corfee-Morlot, J., Kiunsi, R.B.R., Pelling, M., Roberts, D.C., Solecki, W. (2014). Urban areas. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 535-612.
- Simav, Ö. (2012). Deniz Seviyesi Yükselmelerinin Kıyı Alanlarına Olası Etkilerinin Araştırılması. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Simav, Ö., Şeker, D.Z. (2013). Kıyı Etkilenebilirlik Göstergesi ile Türkiye Kıyıları Risk Alanlarının Tespiti. TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 2013 (11 -13 Kasım 2013), Ankara.
- Simav, Ö., Şeker, D.Z., Tanık, A., Gazioğlu C. (2015). Kıyı etkilenebilirlik göstergesi ile Türkiye kıyıları risk alanlarının tespiti. *Harita Dergisi*, 153:1-8. <https://www.harita.gov.tr/uploads/files/mapmagazines/harita-dergisi-153-sayi-45.pdf>
- Üstün, Y. M. (2019). Antropojenik İklim Değişikliğine Bağlı Deniz Seviyesi Değişiminin Sinop Yarımadası'na Olası Etkileri. *Afet ve Risk Dergisi*, 2 (2), 64-79. <https://doi.org/10.35341/afet.567218>.
- Wahl, T., Haigh, I.D., Nicholls, R.J., Arns, A., Dangendorf, S., Hinkel, J., Slangen, A.B.A. (2017). Understanding extreme sea levels for broad-scale coastal impact and adaptation analysis. *Nature Communications*, 8:16075. <https://doi.org/10.1038/ncomms16075>.

