

CONFERENCE BOOK



ISCS İZMİR 1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES

September 19-21, 2025

İZMİR

ISBN: 978-625-5694-13-3

ACADEMY GLOBAL PUBLISHING HOUSE



**ISCS IZMIR
1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON APLLIED SCIENCES
SEPTEMBER 19-21, 2025
IZMIR**

Edited By
Prof. Dr. Ali Bilgili

ORGANIZATIION
ACADEMY GLOBAL CONFERENCES

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

PARTICIPATING COUNTRIES

Turkiye – Belgium – Georgia- Kazakhstan- Azerbaijan- Iraq- Romania- Kenya – Sudan- Mongolia- Nigeria- Pakistan- Thailanad – Iran – Japan – Lebanon- Egypt- Indonesia- South Korea- Singapore- Malaysia -

PRESENTATION
Oral presentation

PERCENTAGE OF PARTICIPATION
More than 50 % of paper are presented by participants from maintained countries.
15 papers from Turkey and 70 paper from other countries.

Members of the organizing committees of the conference perform their duties with an
"official assignment letter"

LANGUAGES
Turkish, English, Russian, Persian, Arabic

CONGRESS ORGANIZING BOARD*Head of Conference: Prof. Dr. Ali Bilgili**Prof. Dr. Ali Bilgili**Prof. Dr. Naile Bilgili**Prof. Dr. Başak Hanedan**Prof. Dr. Hajar Huseynova**Prof. Dr. Dwi Sulisworo**Prof. Zain Musa**Prof. Dr. Sameer Jain**Prof. Yakup Babayev**Prof. Dr. Suyatno**Prof. Dr. Hasan Akan**Prof. Dr. Elif Akpınar Külekçi**Assoc. Prof. Dr. Yeliz Çakır Sahilli**Assoc. Prof. Dr. Berna Koçak**Assoc. Prof. Dr. Dhesi Ari Astuti**Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fırat Baran**Assoc. Prof. Dr. Abdülkadir Aydın**Assoc. Prof. Dody Hartanto**Assoc. Prof. Dr. Rungchacadaporn**Assoc. Prof. Nazile Abdullazade**Assoc. Prof. Dr. Feran Aşur**Assoc. Prof. Dr. Dini Yuniarti**Assoc. Prof. Ivaylo Staykov**Assoc. Prof. Dr. Abbas Ghaffari**Assoc. Prof. Dr. Yasemin Taş**Assoc. Prof. Dr. Yeganə Qəhrəmanova**Assoc. Prof. Dr. Bülent Işık**Assoc. Prof. Dr. Nurkan Yılmaz**Assoc. Prof. Dr. Sevrə Fırıncıoğulları**Assist. Prof. Ihwan Ghazali**Assist. Prof. Dr. Abışov Elşad Şərifxan oğlu**Assist. Prof. Dr. Mahrukhı Dovlatzade**Assist. Prof. Dr. Naci Büyükkaracığan**Assist. Prof. Dr. Songül ATAĞ**Lecturer Mehmet Nuri Ödük**Dr. Fatih İ. Kurşunmaden**Assist. Prof. Dr. Mehdi Meskini Heydarlou**Dr. Dadash Mehravari**Dr. Gültekin Gürçay**Dr. Aynurə Əliyeva**Dr. Amaneh Manafidizaji*

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 Conference–2025 ©

Issued: 26. 09. 2025

ISBN: 978-625-5694-13-3

Scientific & Review Committee

Prof. Dr. Hülya Çiçek – Türkiye
Prof. Dr. Emine Koca – Türkiye
Prof. Dr. Fatma Koç – Türkiye
Prof. Dr. Valide Paşayeva - Türkiye
Prof. Dr. Ali Bilgili - Türkiye
Prof. Dr. Naile Bilgili - Türkiye
Prof. Dr. Başak Hanedan – Türkiye
Prof. Dr. Aysel Güven - Türkiye
Prof. Dr. Bülent Kurtişoğlu – Türkiye
Prof. Dr. Hajar Huseynova – Azerbaijan
Prof. Dr. Dwi Sulisworo – Indonesia
Prof. Dr. Natalia Latygina – Ukraina
Prof. Dr. Yunir Abdrahimov – Russia
Prof. Muntazir Mehdi – Pakistan
Prof. Dr. T.Venkat Narayana Rao – India
Prof. Dr. İzzet Gümüş – Türkiye
Prof. Dr. Mustafa Bayram – Türkiye
Prof. Dr. Saim Zeki Bostan – Türkiye
Prof. Dr. Hyeonjin Lee – China
Prof. Yakup Babayev - Azerbaijan
Prof. Dr. Suyatno – Indonesia
Prof. Dr. Zain Musa – Cambodia
Prof. Dr. Sameer Jain – India
Prof. Mehdi Mohammadzade – Iran
Prof. Dr. Hasan Akan – Türkiye
Prof. Dr. Ika Maryani - Indonesia
Assoc. Prof. Dr. Yeliz Çakır Sahilli - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Berna Koçak - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Dhesi Ari Astuti – Indonesia
Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Aydın - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Elif Akpınar Külekçi - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Feran Aşur – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Yasemin Taş – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Bülent Işık - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Nurkan Yılmaz - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Sevrâ Fıncıoğulları - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Abdulsemet Aydın – Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fırat Baran - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Dilorom Hamroeva - Özbekistan
Assoc. Prof. Dr. Abbas Ghaffari – İran
Assoc. Prof. Ivaylo Staykov - Bulgaristan
Assoc. Prof. Dr. Dini Yuniarti – Indonesia
Assoc. Prof. Dr. Ümit Ayata – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Həmzə Əliyev - Azərbaycan
Assoc. Prof. Dr. Okan Sarıgöz – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Eda Bozkurt – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Ahmet Topal – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Kırbaş – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Mesut Bulut – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Fahriye Emgili – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Sandeep Gupta – India
Assoc. Prof. Dr. Veysel Parlak – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Mahmut İslamoğlu – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Nazile Abdullazade – Azərbaycan
Assoc. Prof. Dr. Yeganə Qəhrəmanova – Azərbaycan
Assoc. Prof. Ali Vandshoari - İran
Assist. Prof. Dr. Göksel Ulay – Türkiye
Assist. Prof. K. R. Padma – India
Assist. Prof. Dr. Omid Afghan - Afghanistan
Assist. Prof. Dr. Maha Hamdan Alanazi - Saudi Arabia
Assist. Prof. Dr. Dzhakipbek Altaevich Altayev - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Amina Salihi Bayero – Nigeria
Assist. Prof. Dr. Ahmad Sharif Fakheer - Jordania
Assist. Prof. Dr. Dody Hartanto - Indonesia
Assist. Prof. Dr. Ihwan Ghazali - Malaysia
Assist. Prof. Dr. Mehdi Meskini Heyladou – İran
Assist. Prof. Dr. Bazarhan İmangalieva - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Keles Nurmaşulı Jaylıbay - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Mamatkuli Juraev – Özbekistan
Assist. Prof. Dr. Kalemkas Kalibaeva – Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Bouaraour Kamel – Algeria
Assist. Prof. Dr. Alia R. Masalimova - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Amanbay Moldibaev - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Ayslu B. Sarsekenova - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Bhumika Sharma - India
Assist. Prof. Dr. Gulşat Şugaeva – Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. K.A. Tleubergenova - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Cholpon Toktosunova – Kirgizia
Assist. Prof. Dr. Hoang Anh Tuan – Vietnam
Assist. Prof. Dr. Songül Atak - Türkiye
Assist. Prof. Dr. Botagul Turgunbaeva - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Dinarakhan Tursunaliyeva - Kirgizia
Assist. Prof. Dr. Yang Zitong – China
Assist. Prof. Dr. Gulmira Abndirasulova – Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Imran Latif Saifi – South Africa
Assist. Prof. Dr. Murat Genç – Türkiye
Assist. Prof. Dr. Monisa Qadiri – India
Assist. Prof. Dr. Vaiva Balciuniene – Lithuania
Assist. Prof. Dr. Meltem Avan – Türkiye
Assist. Prof. Dr. Abışov Elşad Şərəfxan oğlu - Azerbaijan
Assist. Prof. Dr. Mahrukh Dovlatzade – Azerbaijan
Assist. Prof. Dr. Naci Büyükkaracığan – Türkiye
Assist. Prof. Dr. Raihan Yusoph – Philippines
Dr. Que-Nhu Duong - Vietnam
Dr. Fatih İ. Kurşunmaden – Türkiye
Dr. Mehmet Nuri Ödük – Türkiye
Dr. Ayşe Baran - Türkiye
Dr. Dadash Mehravari – Iran
Dr. Aynurə Əliyeva - Azerbaijan
Dr. Sonali Malhotra – India
Dr. Amaneh Manafidizaji - Iran



T.C.
ANKARA ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Veteriner Fakültesi Dekanlığı
Fakülte Sekreterliği



Sayı : E-21304664-051-1705704

12.02.2025

Konu : 31-14279 Prof. Dr. Ali Bilgili'nin
Uluslararası Kongrelerde Düzenleme ve
Bilim kurullarında yer alması hk

FARMAKOLOJİ VE TOKSİKOLOJİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞINA

İlgi : Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı Başkanlığı'nın 11.02.2025 tarihli ve
E-41298163-051-1704750 sayılı yazısı.

İlgi yazınız uyarınca, Anabilim Dalınız öğretim üyesi Prof.Dr.Ali BİLGİLİ'nin, Yükseköğretim Kurulu'nun 15.06.2023 tarihli oturumunda doçentlik başvuruları şartları ile ilgili değişiklik önerileri kapsamında, "Academy Global Conferences & Publishing (<https://www.akademikongre.org/registration>)" tarafından önümüzdeki tarihlerde düzenlenecek olan uluslararası kongrelerde; kongre başkanı, kongre düzenleme ve bilim kurulu üyesi olarak görev yapması Dekanlığımızca da uygun görülmüştür.

Bilgilerinizi ve gereğini saygılarımla rica ederim.

Prof. Dr. Necmettin ÜNAL
Dekan V.

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Doğrulama Kodu: 8E77B04B-BD26-449E-A3C8-D44477307021 Doğrulama Adresi: <https://www.turkiye.gov.tr/ankara-universitesi-ebys>

Zübeyde Hanım Mahallesi Şehit Ömer Halisdemir Bulvarı No: 9/C 06070 Altındağ /
ANKARA

Telefon No: (0312) 317 03 15 Belge Geçer No: (0312) 316 44 72

e-posta: vetmed@veterinary.ankara.edu.tr

KEP Adresi : ankunvrek@ankuni.hs01.kep.tr

Bilgi için: Gülay ŞAFAK
Bilgisayar İşletmeni

Telefon No: (312) 317 03 15-4510

E-Posta: gsafak@ankara.edu.tr



ISCS IZMIR 1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND
SOCIAL SCIENCES
ISCS IZMIR 1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
ISCS IZMIR 1st INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
September 19-21, 2025
IZMIR

Kongre Bağlantı Linki :

Join Zoom Meeting

<https://us06web.zoom.us/j/88571518350?pwd=f0YazCWBmbAiWrHygjKSjkbbSvotfd.1>

Meeting ID: 885 7151 8350

Passcode: 202224



ÖNEMLİ AÇIKLAMA (Lütfen okuyunuz)

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

IMPORTANT, PLEASE READ CAREFULLY

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

TECHNICAL INFORMATION

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

ISCS IZMİR 1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES September 19-21, 2025 IZMİR Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 19 Eylül / Sept 19, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	Dr. Öğr. Üyesi, MUKADDES GÜLER	1	EXAMINATION OF CONSUMER SHYNESS LEVELS IN THE CONTEXT OF DEMOGRAPHIC CHARACTERISTICS	Dr. Mehmet KARATAŞ Prof. Dr. Kahraman ÇATI
		2	EXAMINATION OF CONSUMERS' PERCEIVED RISK IN THE CONTEXT OF DEMOGRAPHIC CHARACTERISTICS	Dr. Mehmet Karataş Prof. Dr. Kahraman ÇATI
		3	THE IMPACT OF DEMOCRATIC LEADERSHIP ON OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY AND SAFETY CULTURE: A STUDY IN FIVE-STAR ACCOMMODATION BUSINESSES	Assoc. Prof. Dr., MEHMET SAĞIR PhD Student, ASLI UĞUR AYDIN TAŞTEKİN
		4	A CONCEPT RESISTING TIME: TRACES OF ORGANIZATIONAL CULTURE IN ORGANIZATIONAL BEHAVIOR LITERATURE – A BIBLIOMETRIC ANALYSIS	Dr. Öğr. Üyesi, MUKADDES GÜLER
		5	MEGA SPOR ORGANİZASYONLARINDA GÜVENLİK TEKNOLOJİLERİ	Öğr. Gör. Dr., Abdullah ŞİMŞEK
		6	STADYUMLARDA GÜVENLİK TEKNOLOJİLERİ	Öğr. Gör. Dr., Abdullah ŞİMŞEK

ISCS IZMIR 1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES September 19-21, 2025 IZMIR Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 19 Eylül / Sept 19, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	Prof. Dr. Naledi Motsumi	1	PERCEPTIONS AND USAGE OF MACHINE TRANSLATION TOOLS AMONG IRANIAN ENGLISH TRANSLATORS	Dr. Farhad Zahiri
		2	TEMPORAL DYNAMICS AND TOP-DOWN MODULATION IN MULTISTABLE PERCEPTION	Dr. Yulia Petrova Dmitri Smirnov
		3	INFERENTIAL PROCESSES IN LITERACY: A STUDY OF ARABIC TEXT COMPREHENSION	Sarah Al-Mansour
		4	RELATIONSHIP BETWEEN MULTIPLE INTELLIGENCES AND GRAMMAR ACHIEVEMENT IN IRANIAN EFL STUDENTS	Dr. Narges Abbasi Assoc. Prof. Dr. Hamid Rahimi
		5	SELF-ASSESSMENT EFFECTIVENESS IN WRITTEN LANGUAGE OUTPUT AMONG SECONDARY SCHOOL STUDENTS	Assoc. Prof. Dr. Yumi Takahashi
		6	INFLUENCES OF LOCUS OF CONTROL, ACADEMIC SUCCESS, AND BIOLOGICAL FACTORS ON IRANIAN ONLINE EFL LEARNERS	Maryam Khosravi Leila Farhadi
		7	RESEARCHING STUDENT RETICENCE IN IRANIAN UNIVERSITY EFL CLASSROOMS	Maryam Khosravi Dr. Sara Alipour
		8	ANALYSIS OF COMMON WRITING ERRORS AND THE IMPACT OF PARTICIPATORY ERROR CORRECTION IN SECOND-YEAR STUDENTS	Sibusiso Dlamini

ISCS IZMIR 1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES September 19-21, 2025 IZMIR Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 19 Eylül / Sept 19, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	Assoc. Prof. Dr. Erkinbek Moldobekov	1	DEVELOPING A STANDARDIZED FLUENCY ASSESSMENT FOR THE KAZAKH LANGUAGE IN HIGHER EDUCATION CONTEXTS	Dr. Ayan Zhaksybekov Dr. Leila Nurzhanova Prof. Dr. Timur Rakhimov
		2	THE IMPACT OF AGE ON SECOND LANGUAGE PROFICIENCY: A CASE STUDY FROM INDONESIA	Dr. Siti Nurhaliza Putri
		3	HISTORICAL DEVELOPMENT OF MULTILINGUAL DICTIONARIES IN EASTERN EUROPE	Dragan Iliev, Assis. Prof. Dr. Ana Stoilova
		4	IMPACT OF WORKING MEMORY ENHANCEMENT ON EXECUTIVE FUNCTION DEVELOPMENT IN ADOLESCENTS	Hanae Takahashi Riku Yamamoto
		5	COMPARATIVE EEG AND BEHAVIORAL RESPONSES TO SYNTACTIC VIOLATIONS IN NATIVE AND NON-NATIVE LANGUAGES AMONG CENTRAL ASIAN POPULATIONS	Aigerim Sarsenbayeva Yerzhan Beketuly Dilara Kurbanova Timur Rakhimov
		6	AN INVESTIGATION OF FINAL TESTS IN TRANSLATION EDUCATION WITHIN KYRGYZ UNDERGRADUATE PROGRAMS	Aida Asanova, Assoc. Prof. Dr. Erkinbek Moldobekov
		7	MORPHEMIC ANALYSIS AWARENESS: IMPACT ON ESL STUDENTS' VOCABULARY LEARNING STRATEGY	Arya B. Kumar, Dr. Sofia Ahmed, Dr. Khamzat U. Nazarov
		6		

ISCS IZMIR 1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES September 19-21, 2025 IZMIR Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 19 Eylül / Sept 19, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	Dr. Emmanuel J. Kabwe	1	CORPORATE SOCIAL RESPONSIBILITY AND GOVERNANCE: IMPACT ON NON-PROFIT SECTOR DEVELOPMENT IN EAST AFRICA	Moses N. Wanjiru Dr. Ruth K. Mugo
		2	ANALYZING CUSTOMER-ORIENTED AND BRAND-CENTRIC CAPABILITIES FOR BUSINESS SUCCESS IN EMERGING EUROPEAN STARTUPS	Melanie Schreiber
		3	ASSESSING THE ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES OF TRADE SECTOR EXPANSION: CASE EVIDENCE FROM TANZANIA	Dr. Emmanuel J. Kabwe
		4	THE ROLE OF UNIVERSITY VISION IN SHAPING INSTITUTIONAL BRAND PERCEPTION: A STUDY OF VIETNAM'S PRIVATE UNIVERSITIES	Nguyen Thi Lan Phuong
		5	STRATEGIC PUBLIC RELATIONS INITIATIVES FOR MANAGEMENT FACULTIES IN MALAYSIAN UNIVERSITIES	Assis. Dr. Noor Aini Razak
		6	INFLUENCE OF SOCIAL MEDIA-DRIVEN CUSTOMER RELATIONSHIP MANAGEMENT ON BRAND LOYALTY IN INDIAN BANKING SECTOR	Ananya Desai
		7	DESIGNING ENGAGING VISUAL PRESENTATIONS TO PROMOTE JAPANESE CUISINE	Akira Yamamoto
		8	WORKING LIFE QUALITY AND ORGANIZATIONAL COMMITMENT AMONG MUNICIPAL EMPLOYEES: A STUDY FROM POLAND	Magdalena Nowak

ISCS IZMİR 1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES September 19-21, 2025 IZMİR Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 19 Eylül / Sept 19, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	Doç. Dr. SEVRA FIRINCIOĞULLARI	1	ALVIN TOFFLER, SPEED, PERMANENCE AND TEMPORALITY DEATH OF AGE	Doç. Dr. SEVRA FIRINCIOĞULLARI
		2	TEST PRODUCTION IN BARDAKÇI VILLAGE OF MİDYAT IN THE CONTEXT OF ART AND CULTURAL HERITAGE	Teacher, SEMRA ERDİNÇ
		3	VISUAL SOURCES IN HISTORIOGRAPHY: INSIGHTS FROM ADVERTISEMENTS AND CARICATURES	Research Assistant Dr. Elif Aşçı
		4	LIGHT-BASED INSTALLATIONS IN CONTEMPORARY ART: THE INTERACTION OF ARTWORK, SPACE, AND VIEWER	Res. Asst. Zeynep TUNÇEL KAHYAOĞLU

ISCS IZMIR 1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES September 19-21, 2025 IZMIR Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 19 Eylül / Sept 19, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	Assoc. Prof. Dr. Hassan Ali	1	THE ROLE OF INTERNAL AUDIT IN FRAUD DETECTION AND PREVENTION AT PUBLIC UNIVERSITIES IN WEST JAVA	Dr. Dian Pratiwi Prof. Arif Santoso
		2	EVALUATION OF DISTRIBUTION EFFICIENCY IN NIKE SUPPLY CHAIN USING WINDOW DEA AND MALMQUIST PRODUCTIVITY INDEX	Assistant Prof. Farid Qureshi Mr. Asad Mahmood
		3	MODELING THE COST OF CAPITAL IN BANKING SERVICES: A COMPREHENSIVE APPROACH	Lecturer Amir Chaudhry Assoc. Prof. Dr. Hassan Ali
		4	THE IMPACT OF HUMAN VALUES AND SERVICE QUALITY ON CUSTOMER MOTIVATION IN MALAYSIAN COMMERCIAL BANKING SECTOR	Senior Lecturer Nurul Hidayah Ms. Zainab Omar
		5	EXAMINING THE ALIGNMENT OF INCENTIVE SYSTEMS WITH LOCUS OF CONTROL AND THEIR EFFECTS ON TEAM PERFORMANCE	Assis. Prof. Dr. Fatima Khalid Dr. Tariq Shah
		6	ANALYSIS OF INITIAL DELAYS IN CONSTRUCTION PROJECTS AND STRATEGIES FOR MITIGATION	Assoc. Prof. Dr. Khaled Al-Hassan
		7	FINANCIAL DECISION MAKING PRACTICES AMONG UNIVERSITY STUDENTS IN THE CZECH REPUBLIC: AN EMPIRICAL STUDY	Lecturer Petra Nováková

ISCS IZMIR 1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES September 19-21, 2025 IZMIR Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 19 Eylül / Sept 19, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	Dr. Xiaohong Liu Dr. Wei Chen	1	DEVELOPMENT OF AN ASSESSMENT SCALE FOR ELEMENTARY EFL WRITING PROFICIENCY	Assoc. Prof. Dr. Faisal Ahmad
		2	MIXED CODE-SWITCHING PHENOMENA IN DIGITAL MESSAGING: A STUDY OF JAPANESE, ENGLISH, AND THAI IN MOBILE CHATS	Dr. Natchanon Srisuwan Kenji Nakamura Assis. Prof. Dr. Aya Fujimoto
		3	PRAGMATIC ANALYSIS OF SPEECH ACTS AND POLITENESS IN ENGLISH LANGUAGE CLASSROOMS IN GEORGIA	Tinatin Javakhishvili Giorgi Beridze
		4	EFFECTIVENESS OF DIALOGUE JOURNALS AS A LANGUAGE LEARNING TOOL AMONG EFL STUDENTS IN FOUNDATION PROGRAMS	Dr. Sara Al-Mutairi Prof. Dr. Dr. Laila Abdulla
		5	LINGUISTIC CONSCIOUSNESS AND THE ROLE OF POLITICAL MYTH IN CENTRAL ASIAN DISCOURSE	Dr. Aigerim Bektayeva Akmaral Zholdasbekova
		6	THE FUNCTION OF SIGNS IN INTERPERSONAL COMMUNICATION PROCESSES	Svetlana Morozova Tatyana Ivchenko
		7	COMPARATIVE STUDY OF MICRO-READING VERSUS TRADITIONAL READING THROUGH THE LENS OF SCHEMA THEORY	Dr. Xiaohong Liu Dr. Wei Chen

ISCS IZMIR 1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES September 19-21, 2025 IZMIR Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 19 Eylül / Sept 19, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 9	Assistant Prof. Elena Greco	1	ENHANCING CUSTOMER PARTICIPATION AND SERVICE INNOVATION FOR VALUE CO-CREATION	Anita Njoroge Prof. Rajesh Sharma
		2	THE IMPACT OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES ON ORGANIZATIONAL WAGE DISPARITIES	Assistant Prof. Elena Greco
		3	ASSESSMENT OF LEADERSHIP DEVELOPMENT INITIATIVES: TOP-DOWN VS. BOTTOM-UP MODELS IN SWEDISH ENTERPRISES	Dr. Ingrid Svensson Lecturer Johan Lindström Assoc. Prof. Sofie Nilsson
		4	A SYNTHESIS OF DRIVERS AND OUTCOMES OF EMPLOYEE ENGAGEMENT: AN INTERNATIONAL LITERATURE REVIEW	Samuel Otieno
		5	FEASIBILITY OF INTEGRATED SMART GRID SYSTEMS FOR ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY IN THE CONTEXT OF VIETNAM	Senior Lecturer Nguyen Minh Anh
		6	AN EVALUATIVE FRAMEWORK FOR REVERSE LOGISTICS COMPETENCE IN GLOBAL ONLINE RETAIL	Dr. Min-Jae Kim Chia-Ying Huang
		7	ASSESSING THE ROLE OF DIGITAL ADMINISTRATION ON TRAINING EFFECTIVENESS AND ORGANIZATIONAL PERFORMANCE	Mr. Juan Carlos Romero Ms. Fatima Zahra El Idrissi Lecturer Musa Jallow
		8	KEY FACTORS FOR ESTABLISHING EFFECTIVE QUALITY MANAGEMENT SYSTEMS IN THE CIVIL ENGINEERING SECTOR	Mr. André Silva Assoc. Prof. Dr. Emily Johnson Ms. Wei Zhang

ISCS IZMIR 1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES September 19-21, 2025 IZMIR Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 20 Eylül / Sept 20, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	Öğr. Gör., AHMET TÜRK	1	THE IMPORTANCE OF DIGITALIZATION IN PREVENTING TAX LOSS AND EVACUATION IN TURKEY	Doç. Dr. ADNAN ERDAL Yüksek Lisans Öğrencisi, AYŞE NUR SANDAL,
		2	THE IMPACT OF DIGITAL TRANSFORMATION IN FIGHTING UNREGISTERED EMPLOYMENT	Doç. Dr. ADNAN ERDAL Yüksek Lisans Öğrencisi, AYŞE NUR SANDAL
		3	EXAMINING THE RELATIONSHIP BETWEEN EMPATHY AND SOCIAL SENSITIVITY LEVELS OF GENERATION Z	Dr. Öğr. Üyesi, CEZMİ ERVÜZ Öğr. Gör., AHMET TÜRK
		4	A STUDY ON EARTHQUAKE AWARENESS AND PREPAREDNESS	Öğr. Gör., AHMET TÜRK Dr. Öğr. Üyesi, CEZMİ ERVÜZ
		5	GÖÇ VE UYUM SÜREÇLERİNDE PSİKOLOJİK SAĞLIK	Öğr.Gör. Abdulkadir Ilgaz
		6	ONLINE PSİKOLOJİK MÜDAHALELERİN ETKİNLİĞİ VE SINIRLARI	Öğr.Gör. Abdulkadir Ilgaz

ISCS IZMIR 1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES September 19-21, 2025 IZMIR Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 20 Eylül / Sept 20, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	Assoc. Prof. Nattawut Chaivasit	1	ENHANCING ENGLISH PRONUNCIATION SKILLS USING PHONETIC PRINCIPLES AMONG UNIVERSITY ENGLISH MAJORS	Dr. Aisha Malik Faisal Ahmed Sana Qureshi
		2	METACOGNITIVE AWARENESS OF EFL TEACHERS AS A FACTOR IN PROFESSIONAL ACHIEVEMENT	Prof. Dr. Nadia Al-Salem Layla Farooq
		3	DEVELOPING LEARNER AUTONOMY THROUGH CONSTRUCTIVIST APPROACHES IN LANGUAGE EDUCATION	Dr. Mei Ling Chen Xiu Ying Wang
		4	EXPLORING THE CONNECTION BETWEEN LANGUAGE OUTPUT AND SECOND LANGUAGE ACQUISITION PROCESSES	Assistant Professor Khalid Javed Mr. Amir Rehman
		5	LINGUISTIC REPRESENTATIONS OF VIOLENCE IN LOCAL AND NATIONAL MEDIA OF SOUTHERN THAILAND	Assoc. Prof. Nattawut Chaivasit Kamonrat Thongchai
		6	CRITICAL ANALYSIS OF TASK GRADING AND SEQUENCING IN TASK-BASED SYLLABUS DESIGN	Hassan Ali Dr. Mahnoor Iqbal
		7	GENDER DIFFERENCES IN EXPRESSIONS OF REFUSAL IN JORDANIAN ARABIC	Dr. Omar Hadi
		8	SENTIMENT ANALYSIS AND OPINION MINING IN THE CONTEXT OF DIGITAL TEXTS	Sana Ahmad Assoc. Prof. Bilal Hassan
		9	EVALUATION OF PRAGMATIC ELEMENTS IN ENGLISH LANGUAGE TEXTBOOKS WITH A FOCUS ON REQUESTS	Amina Tahir Noman Saeed

ISCS IZMIR 1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES September 19-21, 2025 IZMIR Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 20 Eylül / Sept 20, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	Prof. Dr. Fiona Roberts	1	THE SEMANTICS OF DRAMATIC EXPRESSION IN ACTOR TRAINING: A CROSS-CULTURAL PERSPECTIVE	Prof. Dr. Elena Ivanova Luis Andrade
		2	WORKING MEMORY PROFILES IN BRITISH SIGN LANGUAGE (BSL)/ENGLISH INTERPRETERS AND DEAF SIGNERS	Prof. Dr. Fiona Roberts
		3	AWARENESS OF READING STRATEGIES AMONG EFL UNDERGRADUATES AT SOFIA UNIVERSITY	Assistant Prof. Dr. Mira Petrova
		4	ENHANCING ACADEMIC WRITING SKILLS AMONG FRENCH-SPEAKING ESL LEARNERS	Dr. Jean-Luc Morel
		5	EXPLORING THE CRITERION-RELATED VALIDITY OF CLOZE AND C-TESTS IN LANGUAGE PROFICIENCY MEASUREMENT	Ms. Claire Dubois Assis Prof. Dr. Martin Keller Prof. Dr. Eva Schmidt
		6	PATTERN ANALYSIS OF COGNITIVE MECHANISMS IN WRITTEN LANGUAGE COMPREHENSION	Dr. Anna Nowak
		7	LINGUISTIC ACCOMMODATION IN TELEPHONE INTERACTIONS: A STUDY OF RUSSIAN CONVERSATIONAL PRACTICES	Dmitry Orlov

ISCS IZMİR 1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES September 19-21, 2025 IZMİR Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 20 Eylül / Sept 20, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	Dr.. Masood Uzzafer	1	FINANCIAL ANALYSIS ANALOGIES FOR SOFTWARE RISK	Dr.. Masood Uzzafer
		2	AN EVALUATION OF THE OPPORTUNITIES AND CHALLENGES OF WI-FI ADOPTION IN MALAYSIAN INSTITUTIONS	Subrahmanyam Kodukula, Nurbia Maimaiti
		3	TOWARDS A SYSTEMATIC, COST-EFFECTIVE APPROACH FOR ERP SELECTION	Hassan Haghighi, Omid Mafi
		4	INFLUENCE OF LOCUS OF CONTROL AND JOB INVOLVEMENT TO ORGANIZATIONAL CULTURE APPLIED BY EMPLOYEES ON BANK X	Sri Suwarsi, Dr. Nadia Budianti
		5	DYNAMIC INTERACTION NETWORK TO MODEL THE INTERACTIVE PATTERNS OF INTERNATIONAL STOCK MARKETS	Laura Lukmanto, Harya Widiputra, Lukas
		6	FUTURES TRADING: DESIGN OF A STRATEGY	Assoc. Prof. Dr. Jan Zeman
		7	MULTIDIMENSIONAL PERFORMANCE MANAGEMENT	David Wiese

ISCS IZMİR 1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES September 19-21, 2025 IZMİR Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 20 Eylül / Sept 20, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	Assoc. Prof. Dr. Sıddık BAKIR	1	ONDALIK GÖSTERİM KONUSUNUN 7E ÖĞRENME MODELİYLE ÖĞRETİMİNİN 6.SINIF ÖĞRENCİLERİNİN AKADEMİK BAŞARILARINA ETKİSİ	Yüksek Lisans Öğrencisi Salih OKUDUCU Doç.Dr. Gülten TORUN
		2	ANALYSIS OF TEXTBOOKS USED IN TEACHING TURKISH AND GERMAN AS FOREIGN LANGUAGES IN THE CONTEXT OF INTANGIBLE CULTURAL HERITAGE	Assoc. Prof. Dr. Sıddık BAKIR
		3	ANALYSIS OF THE DIFFERENCES IN THE USAGE OF CAPITAL LETTERS AND PUNCTUATION MARKS IN TURKISH AND GERMAN IN TERMS OF FORM, FUNCTION AND ORIGIN	Assoc. Prof. Dr. Sıddık BAKIR
		4	AİLELERE YÖNELİK MÜDAHALE PROGRAMLARI İLE İLGİLİ TÜRKİYE'DE YAPILAN TEZLERİN İNCELENMESİ	Öğretim Görevlisi, Betül Kübra ŞAHİN YONCA Prof. Dr. Fatma TEZEL ŞAHİN
		5	OKUL ÖNCESİ ÖĞRETMEN ADAYLARININ OKUL ÖNCESİ EĞİTİM SINIFLARINDA ETKİNLİK PLANLAMASI VE UYGULAMASINA İLİŞKİN GÖRÜŞLERİ	Öğretim Görevlisi, Betül Kübra ŞAHİN YONCA

ISCS IZMIR 1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES September 19-21, 2025 IZMIR Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 20 Eylül / Sept 20, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	Assis. Prof. Dr. Kazuko Sakamoto	1	DIFFERENCE IN THE COLOR PREFERENCE BY A GEOGRAPHICAL FACTOR	Assis. Prof. Dr. Kazuko Sakamoto
		2	INFLUENCE OF CITY ENVIRONMENT TO THE REGIONAL DEVELOPMENT IN BALTIC COUNTRIES	Dr. Ilze Stokmane
		3	BORIA: A CONVENTIONAL THEATRE IN MALAYSIA	Farideh Alizadeh, Mohd Effindi Samsuddin
		4	THE ROLE OF THE INDIGENOUS LANGUAGES IN POLICY PLANNING AND IMPLEMENTATION: A SOCIOLINGUISTIC APPRAISAL OF THE NATIONAL REBRANDING PROGRAMME OF NIGERIA	Anayochukwu Leonard Okoli
		5	CITIZENS' PERCEPTIONS TOWARDS E-GOVERNANCE: FIELD STUDY	Alaa-Aldin Abdul Rahim A. Al Athmay
		6	A STUDY OF PRIORITY EVALUATION AND RESOURCE ALLOCATION FOR REVITALIZATION OF CULTURAL HERITAGES IN THE URBAN DEVELOPMENT	PHD. Wann-Ming Wey, Dr. Yi-Chih Huang
		7	RESIDENTIAL SELF-SELECTION AND ITS EFFECTS ON URBAN COMMUTE TRAVELS IN IRANIAN CITIES COMPARED TO US, UK, AND GERMANY	Houshmand E. Masoumi
		8	COMPARATIVE ANALYSIS OF MEASURES TO SECURE TWO-WAY EVACUATION ROUTES FOR VULNERABLE PEOPLE DURING LARGE DISASTERS IN A HISTORIC AREA	Nobuo Mishima, Naomi Miyamoto, Yoko Taguchi

ISCS IZMIR 1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES September 19-21, 2025 IZMIR Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 20 Eylül / Sept 20, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	Assoc. Prof. Dr. Botez Segui,	1	INFLUENCE OF INJECTION PRESSURE ON FLAME STRUCTURE IN GAS-CENTERED SWIRL COAXIAL INJECTORS	Park Song, Wooseok Sunjung, Jaye Lee, Jongkwon Koo
		2	EVALUATION OF WASTE ENERGY RECOVERY IN GAS SWEETENING PROCESS THROUGH SIMULATION	Meisam Farhani, Hassan Ali Ozgoli, Foad Moghadasi
		3	DYNAMIC RESPONSE OF SHIPS TO SUDDEN EXTERNAL FORCES: A STUDY OF STABILITY AND SAFETY	Bo Qasim, Gao Liangtian, Idrees Liu
		4	OPTIMIZATION OF AIRCRAFT FUEL CONSUMPTION USING ADAPTIVE WINGLETS: A STUDY ON CESSNA CITATION X	Assoc. Prof. Dr. Botez Segui, Bezin Simon, Mihaela Marine
		5	ENHANCING MORPHODYNAMICS SIMULATION WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN SHALLOW WATER FLOWS	S. K. Nguyen, T. A. Zhao
		6	BIOINSPIRED DESIGN FOR AIRFOIL PERFORMANCE OPTIMIZATION USING HUMPBAC WHALE FLIPPER STRUCTURE	P. H. Zhang
		7	OPTIMIZING BEARING TOLERANCES FOR ENHANCED FATIGUE LIFE IN WASHING MACHINE COMPONENTS	M. A. Santos
		8	USING CELLULOSE NANOMATERIALS AS ECO-FRIENDLY LUBRICANTS IN INDUSTRIAL APPLICATIONS	Prof. Dr. Mohammed Abed

ISCS IZMIR 1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES September 19-21, 2025 IZMIR Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 20 Eylül / Sept 20, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	Akridiss Tabach,	1	SELECTIVE REMOVAL OF CARBAMAZEPINE FROM AQUEOUS SOLUTIONS USING MOLECULAR IMPRINTED POLYMERS (MIPS)	Chen Wei, Anika Luo, Kang Hong, Zhao Mei
		2	OPTIMIZATION OF RP-HPLC FLUORESCENT DETECTION FOR NORFLOXACIN IN HUMAN PLASMA	Amira Ahmed, Faisal Ali, Omar Razaq, Sara Khan
		3	ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF PLUMERIA ALBA PETALS EXTRACTS	Lina Mejia, Carlos Hernandez, Rachelle Kumar
		4	PREVENTING FALSE ALERTS IN DRUG-DRUG INTERACTION ALERT SYSTEMS	Naomi Takahashi, Kenzo Ito, Satoshi Tanaka
		5	IMPACT OF OIL PALM DEVELOPMENT ON WILDLIFE: LOCAL DAYAK PERSPECTIVES	Rina Alatas, Tarek Omar, Fadiha Yusof
		6	ADDRESSING WATER SCARCITY IN SAUDI ARABIA: STRATEGIES FOR SUSTAINABLE MANAGEMENT	Ahmed Ghanim, Dr. Laila Al-Harbi
		7	IMPACT OF PARTICLE SIZE ON TRANSPORT AND DEPOSITION IN POROUS MEDIA UNDER STEADY FLOW CONDITIONS	Akridiss Tabach, Chetehouna Gascoin, M. S. Kadiri

ISCS IZMİR 1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES September 19-21, 2025 IZMİR Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 21 Eylül / Sept 21, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	Prof. Dr. Banu YÜCEL	1	SEAFOOD BY-PRODUCTS AS NUTRACEUTICAL AND PHARMACEUTICAL BIOACTIVE SOURCES: IMPORTANCE ON NUTRIFOOD CHEMISTRY	Prof.Dr.Özlem Tokuşoğlu
		2	PROPOLIS IN AQUACULTURE	Prof. Dr. Banu YÜCEL Doç. Dr. M. Tolga TOLON
		3	EKOSİSTEM TEMELLİ BALIKÇILIK	Doç. Dr. LATİFE CEYDA İRKİN
		4	DENİZEL KAYNAKLARIN SÜRDÜRÜLEBİLİR KULLANIMI	Doç. Dr. LATİFE CEYDA İRKİN
		5	INTERPRETATION OF THE EFFECT OF LOCATIONS ON YIELD AND QUALITY IN BARLEY GROWING WITH BILOT	Prof. Dr. Enver KENDAL
		6	EVALUATION OF SOME CHICKPEA VARIETIES USING BILOT ANALYSIS METHOD	Prof. Dr. Enver KENDAL
		7	ÇAYIR VE MERALARDA YABANCI OTLARIN ZARARLARI VE MÜCADELE YÖNTEMLERİ	Dr. Cemal TÜLEK
		8	BİYOLOJİK KONTROL YÖNTEMLERİ İLE SÜRDÜRÜLEBİLİR YABANCI OT YÖNETİMİ	Dr. Cemal TÜLEK

ISCS IZMIR 1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES September 19-21, 2025 IZMIR Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 21 Eylül / Sept 21, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	Assoc. Prof. Dr. Marek Nowak	1	SENTIMENT ANALYSIS OF FAKE MEDICAL NEWS USING NAIVE BAYES CLASSIFICATION MODELS	Dr. Laurent Dupont, PHD. Emma Vermeulen
		2	LEARNABILITY WITHOUT UNIFORM CONVERGENCE: EXAMINING THE CHALLENGE OF HIGH-DIMENSIONAL LEARNING PROBLEMS	Juan Carlos López, María Teresa Sánchez, Roberto Pérez, Ana María Flores, Luis Fernando García
		3	NATIVE LANGUAGE IDENTIFICATION USING CROSS-CORPUS EVALUATION: EXPLORING TWITTER DATA	Amanuel Tesfaye, Selam Kidane, Mebratu Berhe
		4	SENTIMENT ANALYSIS IN FINANCIAL MARKETS USING BERT-BASED MODELS	Giorgi Mikautadze, Levan Tsintsadze, Nino Baramidze
		5	THE EVOLUTION OF GRANDCHILD TERMINOLOGY IN ANCIENT NEAR EASTERN INSCRIPTIONS	Nursultan Abdirashov, Amina Zhunusova, Daniyar Turganbekov
		6	SOUND INSTANCES AND THE ART OF PERCEPTION IN ACOUSTIC LANDSCAPES	Katarzyna Kowalska, Assoc. Prof. Dr. Marek Nowak
		7	A HYBRID THEORETICAL FRAMEWORK FOR EVALUATING MOBILE LANGUAGE LEARNING APPLICATIONS	Ali Hassan Al-Maamouri, Dr. Rana Saeed Abdullah
		8	COMPARING SUMEROGRAMS IN AKKADIAN AND ARAMEOGRAMS IN MIDDLE PERSIAN	Elvin Aliyev, Nigar Mammadova

ISCS IZMIR 1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES September 19-21, 2025 IZMIR Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 21 Eylül / Sept 21, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	Prof. Dr. Carlos Silva	1	ACCELERATION-BASED MOTION MODEL FOR IMPROVED VISUAL SLAM PERFORMANCE	Ibrahim Oumar, Niazi Zhang, Marwa Ouedraogo, John Kitley
		2	DESIGN OF AN ELLIPTIC CURVE CRYPTOGRAPHY PROCESSOR FOR HIGH-SPEED APPLICATIONS	Prof. Dr. Carlos Silva, Maria Oliveira, Wang Wei, James Ochieng
		3	THE IMPACT OF DIGITAL WORD WALLS ON ENGLISH VOCABULARY ACQUISITION IN SECOND LANGUAGE LEARNERS	Dr. Ahmed Zainab, Niazi Ali
		4	GENDERED ANIMAL METAPHORS IN THE CONTEXT OF SOUTH AFRICAN LANGUAGES	Matteo Bianchi, Prof. Dr. Isabella Ferrari
		5	COVID-19 ICU CLINICAL NOTES ANALYSIS USING FINE-TUNED NLP MODELS	Farida Nabila, Yassir Mansour, Omar Al-Farsi, Huda Salah
		6	THE ROLE OF MULTILINGUALISM IN ENHANCING EMPLOYABILITY: A COMPARATIVE STUDY IN EUROPEAN COUNTRIES	Tsermaa Bat-Erdene, Naranjargal Enkhbold,
		7	THE ROLE OF MULTILINGUALISM IN ENHANCING EMPLOYABILITY: A COMPARATIVE STUDY IN EUROPEAN COUNTRIES	Baatar Enkhbayar, Sarnai Tsetseg, Altan Bold

ISCS IZMIR 1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES September 19-21, 2025 IZMIR Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 21 Eylül / Sept 21, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	Assoc. Prof. Dr. Piya Aramwit	1	REMOVAL OF PENTACHLOROPHENOL THROUGH ADSORPTION AND BIODEGRADATION METHODS	Amina Yusuf Prof. Dr. Samuel Okeke
		2	FORMULATION AND PHYSICOCHEMICAL EVALUATION OF VAGINAL SUPPOSITORIES CONTAINING LACTOBACILLUS SPECIES	Dr. Sanae Al-Masri Naveed Ahmad
		3	INFLUENCE OF SERICIN CONCENTRATION ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF SILK-BASED FILMS	Niran Namviriyachote Assoc. Prof. Dr. Piya Aramwit
		4	DEVELOPMENT AND VALIDATION OF AN OPTIMIZED RP-HPLC METHOD WITH FLUORESCENT DETECTION FOR NORFLOXACIN ANALYSIS	Dr. Ghulam Mustafa Mahmood Khilji
		5	ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF PLUMERIA ALBA PETAL EXTRACTS AGAINST COMMON PATHOGENS	Dr. Laila Syakira Brenda Collins
		6	AUTOMATED DETECTION OF FALSE ALERTS IN DRUG-DRUG INTERACTION SYSTEMS USING MACHINE LEARNING	Dr. Yan-Jhih Huang Ms. Yu-Chuan Lee
		7	COMPARATIVE STUDY OF ANTIBACTERIAL EFFECTS OF ETHANOLIC AND ISOPROPYL-HEXANE EXTRACTS OF ZINGIBER OFFICINALE	Dr. Tahereh Nazari Mahsa Jasemi
		1		

ISCS IZMİR 1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES September 19-21, 2025 IZMİR Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 21 Eylül / Sept 21, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	Assoc.Prof.Dr.Erdal ÇILGIN	1	TARIMSAL YAPILARIN İKLİMLENDİRİLMESİNDE ENERJİ TASARRUFU SAĞLAMAK İÇİN FAZ DEĞİŞTİREN MATERYAL (PCM) KULLANIMI	Dr. Hasan Kaan KÜÇÜKERDEM Dr. Ümran ATAY Prof.Dr. Hasan Hüseyin ÖZTÜRK
		2	HAYVANSAL ÜRETİMDE ENERJİ KULLANIMI	Prof.Dr. Hasan Hüseyin ÖZTÜRK Dr. Hasan Kaan KÜÇÜKERDEM Dr. Ümran ATAY
		3	COMPARATIVE EVALUATION OF HETEROGENEOUS (CAO) AND HOMOGENEOUS (KOH) CATALYSTS FOR BIODIESEL SYNTHESIS	Assoc.Prof.Dr.Erdal ÇILGIN
		4	EVALUATION OF GAMMA SHIELDING PARAMETERS OF NATURAL MINERALS CONTAINING WO ₃	Dr. Öğr. Üyesi MEHTAP YALÇINKAYA
		5	TARIMSAL YAPILARIN İKLİMLENDİRİLMESİNDE ENERJİ TÜKETİMİNİ VE SERA GAZI SALIMLARINI AZALTMAK İÇİN ISI POMPASI KULLANIMI	Prof.Dr. Hasan Hüseyin ÖZTÜRK Dr. Hasan Kaan KÜÇÜKERDEM Dr. Ümran ATAY
		6	TARIMSAL ÜRETİMDE SERA GAZI EMİSYONLARININ AZALTILMASI	Dr. Hasan Kaan KÜÇÜKERDEM Dr. Ümran ATAY Prof.Dr. Hasan Hüseyin ÖZTÜRK

ISCS IZMIR 1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES September 19-21, 2025 IZMIR Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 21 Eylül / Sept 21, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	Assis. Prof. Dr. Hana Park Lecturer Ji-Hoon Lee	1	EVALUATION OF SHEAR STRENGTH PARAMETERS OF AMENDED LOESS USING COMMON ADMIXTURES IN NORTHERN CHINA	Dr. Li Wei Prof. Jun Zhang Mr. Minghao Chen
		2	CLOUD-BASED DEVELOPMENT OF BIM SOFTWARE FOR SMART CONSTRUCTION MANAGEMENT	Assis. Prof. Dr. Hana Park Lecturer Ji-Hoon Lee
		3	FINITE ELEMENT SIMULATION AND PARAMETERIZATION OF C-SHAPE ELECTROMAGNETS FOR MATERIALS CHARACTERIZATION	Dr. Carlos Ramirez Mr. Felipe Gonzalez
		4	THERMAL CONVECTION ANALYSIS IN LIGHT WEIGHT TIMBER STRUCTURES WITH MINERAL WOOL INSULATION	Dr. Emily Wilson Prof. James Clark
		5	IDENTIFICATION AND PRIORITIZATION OF CONSTRUCTION SITE SAFETY ISSUES: A MULTI-PERSPECTIVE ANALYSIS	Dr. Ying Chen Ms. Hui Zhang
		6	STABILITY OPTIMIZATION OF FUNCTIONALLY GRADED PIPES UNDER FLUID FLOW CONDITIONS	Mr. Fares Al-Masri Professor Layla Haddad
		7	OPTIMAL DESIGN OF LAUNCHING NOSE IN INCREMENTAL LAUNCHING OF CONTINUOUS BRIDGES	Dr. Wei Chen
		8	APPLICATION OF STREAMLINED MATERIAL ACCOUNTING TO ENVIRONMENTAL IMPACT ESTIMATION	Lecturer Paul Armstrong

ISCS IZMIR 1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES September 19-21, 2025 IZMIR Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 21 Eylül / Sept 21, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	Assoc Prof. Dr. Hana Saad	1	ONE-POT FACILE SYNTHESIS OF N-DOPED GRAPHENE FROM PARA-PHENYLENEDIAMINE AS METAL-FREE CATALYSTS FOR OXYGEN REDUCTION IN ALKALINE FUEL CELLS	Dr. Amina Adeyemi Kwame Mensah Thandi Mokoena
		2	MATERIAL SELECTION FOR FOOTWEAR INSOLES USING ANALYTICAL HIERARCHICAL PROCESS	Assis. Prof. Dr. Rajesh Singh Dr. Priya Nair
		3	EFFECTS OF TEST ENVIRONMENT ON SLIDING WEAR BEHAVIOR OF CAST IRON, ZINC-ALUMINUM ALLOY, AND THEIR COMPOSITES	Dr. Fahad Ahmad Imran Sheikh
		4	PREDICTION OF CUTTING TOOL LIFE IN DRILLING REINFORCED ALUMINUM ALLOY COMPOSITES USING A FUZZY LOGIC APPROACH	Assoc. Prof. Dr. Sameer Malik
		5	MATERIAL SELECTION FOR MANUAL WINCH ROPE DRUM APPLICATIONS	Dr.. Joseph Kamau Brian Okello Samuel Muriuki
		6	UV-CURED COATINGS BASED ON ACRYLATED EPOXIDIZED SOYBEAN OIL AND EPOXY CARBOXYLATE	Assis. Prof. Khalid Al-Mansoori Lecturer Lina Barakat Assoc Prof. Dr. Hana Saad
		7	EXPERIMENTAL STUDY ON OVER-CUT IN ULTRASONIC MACHINING OF WC-CO COMPOSITES	Ramesh Kumar Assist. Prof. Dr. Anil Singh
		8	INDUCTION MELTING TECHNIQUE FOR FABRICATION OF ALUMINUM-CARBON NANOTUBE NANOCOMPOSITES	Dr. Muhammad Tariq Adeel Zaman

ISCS IZMIR 1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES September 19-21, 2025 IZMIR Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 21 Eylül / Sept 21, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	Prof. Dr. Chukwuemeka Nwosu	1	THE IMPACT OF STAKEHOLDER COMMUNICATION STRATEGIES ON CONSUMER ACCEPTANCE AND FINANCIAL PERFORMANCE IN THE FERTILIZER INDUSTRY IN MALAYSIA	Dr. Amina Yusuf Dr. Abdul Rahman
		2	ANALYSIS OF RUBBER WASTE UTILIZATION IN MANUFACTURING PROCESSES: A CASE STUDY OF PANDORA PRODUCTION COMPANY	Wuttichai Thongchai Prof.Dr. Marek Kowalski
		3	STRATEGIES FOR COMBATING MONEY LAUNDERING IN THE BANKING SECTOR: LESSONS FROM MALAYSIA	Noor Fatimah Dr. Zainal Abidin
		4	HYBRID RENEWABLE ENERGY SYSTEMS FOR SMALL INDUSTRIAL COMPLEXES: OPTIMIZATION AND PERFORMANCE ANALYSIS	Eng. Nikola Stambolić Dr. Katarina Petrovska
		5	NEURAL NETWORK-BASED STATISTICAL PREDICTION OF FINANCIAL DISTRESS IN NIGERIA'S BANKING SECTOR	Prof. Dr. Chukwuemeka Nwosu
		6	EVALUATING EFFICIENCY IN URBAN GOVERNANCE FOR SUSTAINABILITY AND COMPETITIVENESS: A STUDY ON KUALA LUMPUR	Dr. Amir Hamzah Ms. Nurul Rashid
		7	APPLICATION OF NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEMS FOR FORECASTING GROSS DOMESTIC PRODUCT GROWTH	Assoc. Prof. Dr. Eleni Giovanis
		8	RISK ASSESSMENT OF LATE PAYMENTS IN THE MALAYSIAN CONSTRUCTION INDUSTRY	Dr. Mei Ling Kho Mr. Hamzah Rahman



ISCS IZMIR 1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES
ISCS IZMIR 1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES
ISCS IZMIR 1st INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
September 19-21, 2025
IZMIR





Contents

SEAFOOD BY-PRODUCTS AS NUTRACEUTICAL AND PHARMACEUTICAL BIOACTIVE SOURCES: IMPORTANCE ON NUTRIFOOD CHEMISTRY	1
BALIK YETİŞTİRİCİLİĞİNDE PROPOLİS.....	7
DENİZEL KAYNAKLARIN SÜRDÜRÜLEBİLİR KULLANIMI	14
EKOİSTEM TEMELLİ BALIKÇILIK.....	18
ARPA YETİŞTİRİCİLİĞİNDE LOKASYONLARIN VERİM VE KALİTE ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN BİPLOT İLE YORUMLANMASI.....	23
BAZI NOHUT ÇEŞİTLERİNİN BİPLOT ANALİZ YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ	32
BİYOLOJİK KONTROL YÖNTEMLERİ İLE SÜRDÜRÜLEBİLİR YABANCI OT YÖNETİMİ	42
ÇAYIR VE MERALARDA YABANCI OTLARIN ZARARLARI VE MÜCADELE YÖNTEMLERİ	51
STRATEGIES FOR COMBATING MONEY LAUNDERING IN THE BANKING SECTOR: LESSONS FROM MALAYSIA.....	62
HYBRID RENEWABLE ENERGY SYSTEMS FOR SMALL INDUSTRIAL COMPLEXES: OPTIMIZATION AND PERFORMANCE ANALYSIS	63
NEURAL NETWORK-BASED STATISTICAL PREDICTION OF FINANCIAL DISTRESS IN NIGERIA'S BANKING SECTOR	64
EVALUATING EFFICIENCY IN URBAN GOVERNANCE FOR SUSTAINABILITY AND COMPETITIVENESS: A STUDY ON KUALA LUMPUR.....	65
APPLICATION OF NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEMS FOR FORECASTING GROSS DOMESTIC PRODUCT GROWTH.....	66
RISK ASSESSMENT OF LATE PAYMENTS IN THE MALAYSIAN CONSTRUCTION INDUSTRY	67
COMPARATIVE EVALUATION OF HETEROGENEOUS (CAO) AND HOMOGENEOUS (KOH) CATALYSTS FOR BIODIESEL SYNTHESIS	68
WO ₃ İÇEREN DOĞAL MİNERALLERİN GAMA ZIRHLAMA PARAMETRELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	77
SENTIMENT ANALYSIS OF FAKE MEDICAL NEWS USING NAIVE BAYES CLASSIFICATION MODELS.....	84
LEARNABILITY WITHOUT UNIFORM CONVERGENCE: EXAMINING THE CHALLENGE OF HIGH-DIMENSIONAL LEARNING PROBLEMS.....	85
NATIVE LANGUAGE IDENTIFICATION USING CROSS-CORPUS EVALUATION: EXPLORING TWITTER DATA	86
SENTIMENT ANALYSIS IN FINANCIAL MARKETS USING BERT-BASED MODELS.....	87
THE EVOLUTION OF GRANDCHILD TERMINOLOGY IN ANCIENT NEAR EASTERN INSCRIPTIONS	88
SOUND INSTANCES AND THE ART OF PERCEPTION IN ACOUSTIC LANDSCAPES	89
A HYBRID THEORETICAL FRAMEWORK FOR EVALUATING MOBILE LANGUAGE LEARNING APPLICATIONS	90
COMPARING SUMEROGRAMS IN AKKADIAN AND ARAMEOGRAMS IN MIDDLE PERSIAN	91
ACCELERATION-BASED MOTION MODEL FOR IMPROVED VISUAL SLAM PERFORMANCE	92
DESIGN OF AN ELLIPTIC CURVE CRYPTOGRAPHY PROCESSOR FOR HIGH-SPEED APPLICATIONS	93



THE IMPACT OF DIGITAL WORD WALLS ON ENGLISH VOCABULARY ACQUISITION IN SECOND LANGUAGE LEARNERS.....	94
GENDERED ANIMAL METAPHORS IN THE CONTEXT OF SOUTH AFRICAN LANGUAGES	95
COVID-19 ICU CLINICAL NOTES ANALYSIS USING FINE-TUNED NLP MODELS	96
IMPACT OF MEDITATIVE ART CREATION ON FOREIGN LANGUAGE LEARNING THROUGH BRAIN-COMPUTER INTERFACES	97
THE ROLE OF MULTILINGUALISM IN ENHANCING EMPLOYABILITY: A COMPARATIVE STUDY IN EUROPEAN COUNTRIES.....	98
THE ROLE OF MULTILINGUALISM IN ENHANCING EMPLOYABILITY: A COMPARATIVE STUDY IN EUROPEAN COUNTRIES.....	99
REMOVAL OF PENTACHLOROPHENOL THROUGH ADSORPTION AND BIODEGRADATION METHODS ..	100
FORMULATION AND PHYSICOCHEMICAL EVALUATION OF VAGINAL SUPPOSITORIES CONTAINING LACTOBACILLUS SPECIES	101
INFLUENCE OF SERICIN CONCENTRATION ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF SILK-BASED FILMS.....	102
DEVELOPMENT AND VALIDATION OF AN OPTIMIZED RP-HPLC METHOD WITH FLUORESCENT DETECTION FOR NORFLOXACIN ANALYSIS	103
ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF PLUMERIA ALBA PETAL EXTRACTS AGAINST COMMON PATHOGENS	104
AUTOMATED DETECTION OF FALSE ALERTS IN DRUG-DRUG INTERACTION SYSTEMS USING MACHINE LEARNING	105
COMPARATIVE STUDY OF ANTIBACTERIAL EFFECTS OF ETHANOLIC AND ISOPROPYL-HEXANE EXTRACTS OF ZINGIBER OFFICINALE.....	106
RESIDENTIAL SELF-SELECTION AND ITS EFFECTS ON URBAN COMMUTE TRAVELS IN IRANIAN CITIES COMPARED TO US, UK, AND GERMANY.....	112
COMPARATIVE ANALYSIS OF MEASURES TO SECURE TWO-WAY EVACUATION ROUTES FOR VULNERABLE PEOPLE DURING LARGE DISASTERS IN A HISTORIC AREA.....	113
EVALUATION OF WASTE ENERGY RECOVERY IN GAS SWEETENING PROCESS THROUGH SIMULATION	114
DYNAMIC RESPONSE OF SHIPS TO SUDDEN EXTERNAL FORCES: A STUDY OF STABILITY AND SAFETY	115
OPTIMIZATION OF AIRCRAFT FUEL CONSUMPTION USING ADAPTIVE WINGLETS: A STUDY ON CESSNA CITATION X	116
ENHANCING MORPHODYNAMICS SIMULATION WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN SHALLOW WATER FLOWS.....	117
BIOINSPIRED DESIGN FOR AIRFOIL PERFORMANCE OPTIMIZATION USING HUMPBAC WHALE FLIPPER STRUCTURE	118
OPTIMIZING BEARING TOLERANCES FOR ENHANCED FATIGUE LIFE IN WASHING MACHINE COMPONENTS	119
USING CELLULOSE NANOMATERIALS AS ECO-FRIENDLY LUBRICANTS IN INDUSTRIAL APPLICATIONS .	120
SELECTIVE REMOVAL OF CARBAMAZEPINE FROM AQUEOUS SOLUTIONS USING MOLECULAR IMPRINTED POLYMERS (MIPS)	121



OPTIMIZATION OF RP-HPLC FLUORESCENT DETECTION FOR NORFLOXACIN IN HUMAN PLASMA	122
ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF PLUMERIA ALBA PETALS EXTRACTS	123
PREVENTING FALSE ALERTS IN DRUG-DRUG INTERACTION ALERT SYSTEMS.....	124
IMPACT OF OIL PALM DEVELOPMENT ON WILDLIFE: LOCAL DAYAK PERSPECTIVES.....	125
ADDRESSING WATER SCARCITY IN SAUDI ARABIA: STRATEGIES FOR SUSTAINABLE MANAGEMENT....	126
EVALUATION OF SHEAR STRENGTH PARAMETERS OF AMENDED LOESS USING COMMON ADMIXTURES IN NORTHERN CHINA.....	127
CLOUD-BASED DEVELOPMENT OF BIM SOFTWARE FOR SMART CONSTRUCTION MANAGEMENT	128
FINITE ELEMENT SIMULATION AND PARAMETERIZATION OF C-SHAPE ELECTROMAGNETS FOR MATERIALS CHARACTERIZATION.....	129
THERMAL CONVECTION ANALYSIS IN LIGHT WEIGHT TIMBER STRUCTURES WITH MINERAL WOOL INSULATION	130
IDENTIFICATION AND PRIORITIZATION OF CONSTRUCTION SITE SAFETY ISSUES: A MULTI-PERSPECTIVE ANALYSIS	131
STABILITY OPTIMIZATION OF FUNCTIONALLY GRADED PIPES UNDER FLUID FLOW CONDITIONS.....	132
OPTIMAL DESIGN OF LAUNCHING NOSE IN INCREMENTAL LAUNCHING OF CONTINUOUS BRIDGES .	133
APPLICATION OF STREAMLINED MATERIAL ACCOUNTING TO ENVIRONMENTAL IMPACT ESTIMATION	134
ONE-POT FACILE SYNTHESIS OF N-DOPED GRAPHENE FROM PARA-PHENYLENEDIAMINE AS METAL- FREE CATALYSTS FOR OXYGEN REDUCTION IN ALKALINE FUEL CELLS	135
MATERIAL SELECTION FOR FOOTWEAR INSOLES USING ANALYTICAL HIERARCHICAL PROCESS	136
EFFECTS OF TEST ENVIRONMENT ON SLIDING WEAR BEHAVIOR OF CAST IRON, ZINC-ALUMINUM ALLOY, AND THEIR COMPOSITES	137
PREDICTION OF CUTTING TOOL LIFE IN DRILLING REINFORCED ALUMINUM ALLOY COMPOSITES USING A FUZZY LOGIC APPROACH	138
MATERIAL SELECTION FOR MANUAL WINCH ROPE DRUM APPLICATIONS	139
UV-CURED COATINGS BASED ON ACRYLATED EPOXIDIZED SOYBEAN OIL AND EPOXY CARBOXYLATE .	140
EXPERIMENTAL STUDY ON OVER-CUT IN ULTRASONIC MACHINING OF WC-CO COMPOSITES	141
INDUCTION MELTING TECHNIQUE FOR FABRICATION OF ALUMINUM-CARBON NANOTUBE NANOCOMPOSITES.....	142
THE IMPACT OF STAKEHOLDER COMMUNICATION STRATEGIES ON CONSUMER ACCEPTANCE AND FINANCIAL PERFORMANCE IN THE FERTILIZER INDUSTRY IN MALAYSIA.....	143
ANALYSIS OF RUBBER WASTE UTILIZATION IN MANUFACTURING PROCESSES: A CASE STUDY OF PANDORA PRODUCTION COMPANY.....	144
TARIMSAL YAPILARIN İKLİMLENDİRİLMESİNDE ENERJİ TÜKETİMİNİ VE SERA GAZI SALIMLARINI AZALTMAK İÇİN ISI POMPASI KULLANIMI	145
TARIMSAL ÜRETİMDE SERA GAZI EMİSYONLARININ AZALTILMASI.....	163
TARIMSAL YAPILARIN İKLİMLENDİRİLMESİNDE ENERJİ TASARRUFU SAĞLAMAK İÇİN FAZ DEĞİŞTİREN MATERYAL (PCM) KULLANIMI	182



HAYVANSAL ÜRETİMDE ENERJİ KULLANIMI	196
---	-----



SEAFOOD BY-PRODUCTS AS NUTRACEUTICAL AND PHARMACEUTICAL BIOACTIVE SOURCES: IMPORTANCE ON NUTRIFOOD CHEMISTRY

Prof.Dr.Özlem Tokuşoğlu

¹Celal Bayar University, Engineering Faculty,
Department of Food Engineering, Manisa, Turkey

²Dokuz Eylül University Techn.Develop.Zone,
DEPARK Technopark, SPİL INNOVA Food
R&D LLC, İzmir, Turkey

E-mail : tokusogluozlem@yahoo.com

ORCID ID : 0000-0002-8960-5641

ABSTRACT

Fish and shellfish by-products are important raw materials for food, nutraceuticals, pharmaceuticals, and biotechnology applications. Seafood processing generates approximately three-quarters of the total catch weight and the processing also offers a potential waste recycling option. Major components of seafood waste include tongue, cheek, stomach, and liver; bioactive proteins from fish carcasses; marine bioactive lipid components (omega-3, omega-6, DHA, EPA); fish skin; bioactive carotenoids and chitin-containing substances from shellfish; intestinal enzymes; and antifreeze proteins from seafood blood.

Fish skin waste, as well as bones and fins, are potential sources for isolated collagen and gelatin. Fish collagen and gelatin are currently utilized in a variety of applications, including food, cosmetics, and biomedicine. Compared to fish proteins, collagen and gelatin are unique proteins, typically rich (over 80%) in non-polar amino acids, including glycine (Gly), alanine (Ala), valine (Val), and proline (Pro). Gelatin, on the other hand, typically contains glycine units, proline, and 4-hydroxyproline residues.

Shellfish by-products are a good source of antimicrobial compounds and ketocarotenoids; shellfish peptides are considered bifunctional constituents. Shrimp processing generates large amounts of biowaste, which contains key shrimp by-product components such as protein, chitin (deacetylated chitosan), lipids, minerals, and the valuable carotenoid astaxanthin. Chitosan is a valuable bioactive compound widely utilized in the food industry, agriculture, biotechnology, cosmetics, medicine, and waste treatment. Shrimp wastewater, especially crab shells, is also a good source of astaxanthin and bioactive peptides. Astaxanthin (3,3-dihydroxy- β,β -carotene-4,4-dione) from seafood by-products is a ketocarotenoid derived from the oxidation of β -carotene that has biological effects and possesses many desirable properties for food and medical applications due to its natural nature as a ketocarotenoid, non-toxicity, versatility, water and fat solubility, attractive pink color, biological function as a vitamin A precursor, and excellent antioxidant properties.

Keywords: Seafood By-Products, Shellfish, Bioactive Peptides, Chitosan, Astaxanthin



1. INTRODUCTION TO SEAFOOD BY-PRODUCTS

The fishery by-product market is projected to grow from \$26.34 billion in 2025 to \$37.46 billion in 2030, at a compound annual growth rate (CAGR) of 7.3% over the forecast period. This growth comes as the global fishery industry faces sustainability challenges, regulatory pressures, and the need to adopt innovative technologies [6].

Fishmeal and fish oil, due to their rich amino acid profile and long-chain omega-3 fatty acids, have long been cornerstones of aquaculture and animal feed, contributing to the growth and immune health of aquatic animals, poultry, and pigs. Marine collagen and gelatin, derived from hides, scales, and bones, are increasingly popular in nutraceuticals, cosmetics, and pharmaceutical and medical biomaterials due to their religious/dietary compatibility and robust functional properties. Bioactive and specialty compounds from shellfish products, such as chitosan, astaxanthin, key enzymes, and bioactive peptides, are also gaining importance in pharmaceuticals, wound care, and advanced functional ingredients [7].

Aquaculture (fish feed accounts for over 60% of global fishmeal consumption). Fishmeal and fish oil are primarily derived from fish processing residues, such as heads, bones, offal, and trimmings. While high-value ingredients such as collagen, gelatin, and chitin/chitosan are growing in popularity, fishmeal maintains its importance due to advanced processing techniques and strong demand. Fishmeal is increasingly used in high-end pet foods, which are marketed as hypoallergenic, high-protein, and rich in omega-3 fatty acids for dogs and cats.

The pet food industry, particularly fish feed, is the largest end-consumer of fishery by-products. Aquaculture, the fastest-growing food production sector globally, relies heavily on nutrient-rich raw materials such as fishmeal and fish oil. Fishmeal improves digestibility and immune response, especially in early stages [7].

Marine fisheries generate significant amounts of by-products, which have economic and environmental impacts. However, understanding the effective use of these by-products can help ensure sustainable management and minimize negative impacts. In addition to by-products from marine and coastal fisheries, the fish processing industry and domestic markets also generate significant amounts of by-products. These by-products typically include the skins, scales, bones, fins, viscera, heads, and shells of various crustaceans and are considered excellent sources of various bioactive compounds [7].

Multiple studies have shown that fishery by-products can be used as feed for poultry and cattle. However, their low cost hinders their maximum utilization. Therefore, a comprehensive understanding of the availability and potential of these wastes will aid in strategic planning. Furthermore, the global population is projected to grow to approximately 9.2 billion by 2050. Therefore, effective strategies are needed to achieve a sustainable food supply and reduce pollution to protect the environment. The effective utilization of the vast amount of fishery by-products could significantly contribute to the development of industries such as food and medicine.



2. BIOACTIVE MICROMOLECULES FROM SEAFOOD BY-PRODUCTS

2.1. SEAFOOD PROTEINS

Seafood by-products such as fish heads, skin, bones, scales, fins, and blood are rich in protein and other bioactive compounds. There are various methods for extracting protein from fishery by-products. The most common methods include fish protein hydrolysates, fish protein isolates, and the extraction of myofibrillar protein (surimi) [7].

2.1.1. FISH PROTEIN HYDROLYSATES, PROTEIN ISOLATES AND SURIMI

There are many methods for obtaining protein hydrolysates from fishery by-products. The most common methods are chemical hydrolysis in acidic or alkaline media, bacterial fermentation, and enzymatic hydrolysis. Although chemical hydrolysis is more cost-effective and extracts protein faster than enzymatic hydrolysis, many scientists still prefer enzymatic hydrolysis due to its numerous advantages. Enzymatic hydrolysis can recover approximately 15-30% of the protein from fishery by-products [5,7].

Seafood proteins can be isolated using isoelectric solubilization (often referred to as pH shift). The nutritional value of the extracted protein depends largely on the presence of essential amino acids. Several studies have shown that proteins extracted using pH shift methods have higher essential amino acid content than those extracted using other extraction methods [6,7].

Surimi, the myofibrillar protein obtained by mechanically deboning and cleaning fish flesh, is a high-quality concentrated protein source and a popular intermediate ingredient in the production of popular seafood products such as fish cakes, fish or crab products, and sausages.

2.1.2. HYDROPHOBIC AMINO ACIDS AND PEPTIDES

Bioactive peptides are mostly inactive protein fragments produced by enzymes. They can modulate human receptors and physiological functions, including antihypertensive, antibacterial, antifungal, antioxidant, antiproliferative, immunomodulatory, anticoagulant, and antiviral activities. Fish viscera (primarily skin, fins, and heads) are rich in collagen and gelatin. Fish gelatin contains hydrophobic amino acids (hydroxyproline, valine, glycine, proline, and alanine) as well as a variety of peptides with potent antioxidant properties [5,6,7].

2.2. SEAFOOD LIPIDS

Marine fishery waste is considered an excellent source of edible lipids due to its high content of polyunsaturated fatty acids (PUFAs) that are beneficial to human health. Lipids include triglycerides, waxes, alcohols, cholesterol, phospholipids, and free fatty acids. Omega-3 is a unique unsaturated fatty acid that plays a vital role in regulating various biological functions in the human body. Eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) are health-promoting PUFAs found in fishery by-products and are in high demand in the



market. PUFAs help promote brain development in babies during pregnancy, reduce the risk of cardiovascular disease, maintain blood pressure, and enhance myocardial activity [6,7].

2.3. SEAFOOD MINERALS

Fish bones and shells, which are fishery by-products, are excellent sources of minerals and micronutrients. Numerous studies have investigated the extraction and nutritional properties of bone meal from various fish species. Calcium (Ca) and phosphorus (P) are two of the most important minerals extracted from fish bones and are as approximately 60% calcium and 35% phosphorus. Calcium plays an important role in our bodies, supporting various physical and chemical processes, including supporting nerve function, maintaining bone and tooth health, and acting as a cofactor in many enzymatic reactions whereas phosphorus is essential micronutrient phosphorus is in every cell. Its main function is to build and maintain strong bones and teeth, and also helps in energy production and repairing damaged cells and tissues [7].

2.3. SEAFOOD PIGMENTS AS ASTAXANTHIN, PHYCOERYTHRIN AND OTHER CAROTENOIDS

The color of various seafood, including fish, crustaceans, mollusks, and algae, comes from various pigments, often called carotenoids. Naturally occurring carotenoids in seafood by-products have powerful health-promoting properties. The most abundant carotenoids in seafood and shellfish include astaxanthin, canthaxanthin, zeaxanthin, and beta-carotene. While carotenoids are biologically active, astaxanthin (3,3'-dihydroxy- β,β' -carotene-4,4'-dione) (Figure 1.) (reddish-pink in color) exhibits anti-cancer, neuroprotective, and potent antioxidant effects. In addition to carotenoids, other pigments, often called phycobiliproteins, are primarily derived from marine algae. The most important classes of phycobiliproteins are phycoerythrin (Figure 2.) (commonly found in red algae), phycocyanin (commonly found in brown algae), and allophycocyanin. Phycoerythrin exhibits potent antioxidant and anti-cancer properties, as well as numerous health-promoting benefits [2,3,5,6,7].

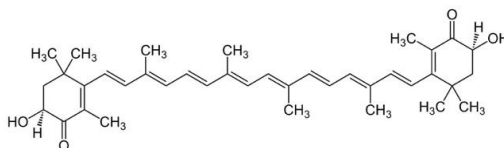


Figure 1. Astaxanthin (3,3'-dihydroxy- β,β' -carotene-4,4'-dione)

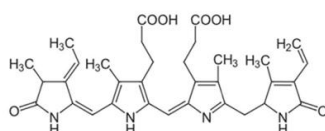


Figure 2. Phycoerythrin



2.4. SEAFOOD ENZYMES

Fishery by-product enzymes are primarily categorized as proteolytic and lipolytic enzymes. Fishery by-products, particularly offal and heads, are a significant source of enzymes such as proteases and lipases. Proteases are considered the most important enzyme class, accounting for approximately 60% of the total enzyme market. They play a vital role in a variety of applications in the food, pharmaceutical, and cosmetics industries. The most important proteases found in fish by-products include pepsin, trypsin, chymotrypsin, and elastase [6,7].

3. BIOACTIVE MACROMOLECULES FROM SEAFOOD BY-PRODUCTS

3.1. SEAFOOD GELATIN AND COLLAGEN

Collagen is derived from fish byproducts, such as bone, skin, and cartilage, and is found in the tissues of both vertebrates and invertebrates. Both collagen and gelatin are widely used in the food, pharmaceutical, and cosmetic industries. Collagen in animals accounts for approximately 30% of their total protein content. Collagen molecules have a triple-helical structure, consisting of three polypeptide chains. Collagen has a molecular weight of approximately 100 kDa and can be divided into three types based on cross-link strength: type I collagen, which is found in all collagenous tissues; type II collagen, which is primarily found in cartilage; and type III collagen, which is primarily found in the intestines and other parts of the body. Collagen is used in the food, cosmetic, and pharmaceutical industries. Purified collagen can be used in tissue engineering to produce various biomaterials, such as gels, scaffolds, sponges, and nanocomposites [4].

Gelatin can be obtained by heat-treating collagen. It obtained from marine fishery waste has lower rheological properties (such as melting point and viscosity) but exhibits better homeostasis and metabolic tolerance than mammalian gelatin. Gelatin can be utilized to produce biodegradable packaging films and nanoparticles, microencapsulate various bioactive compounds, and fine-tune the textural properties of food products [4,6,7].

3.2. SEAFOOD POLYSACCHARIDES

Seafood waste, particularly crustacean shells, mollusk exoskeletons, and algae, is a source of various polysaccharides. The utilization of crustacean by-products is challenging because they contain approximately 75% waste, are difficult to degrade in nature, and are considered environmentally harmful. Chitin and chitosan extracted from crustacean shells are well-known and have long been used in the food, pharmaceutical, and cosmetic industries. Chitin is a highly bioavailable polysaccharide composed of 1,4-poly-N-acetyl-D-glucosamine, second only to cellulose in its abundance [1,5].

Fucoidan is also another important sulfated polysaccharide found in marine algae (brown algae) and various invertebrates, such as sea cucumbers and sea urchins. Fucoidans isolated from marine sources have been extensively studied for their potential medical applications. Fucoidans exhibit potent antioxidant, anticoagulant, antitumor, and antiviral properties. They also have beneficial effects on the digestive and urinary tracts [1,6,7].

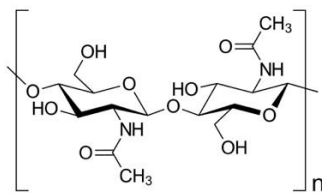


Figure 3. Chitin

4. RESULTS

The industrial utilization of fish by-products is challenging and requires the necessary technology. Most methods are costly and difficult to manage. Further research is needed to develop innovative methods to utilize fishery waste and extract its bioactive and nutritious components to ensure a circular economy for the fishery industry. Seafood by-product-based food powders are a potential source of bioactive compounds. After analytical safety confirmation tests; value-added seafood by-product based food powders which have antioxidant, anticarcinogenic effective can be utilized in food industry, in health sector and medical applications.

REFERENCES

- [1] Chen, Y., Ling, Z., Mamtimin, T., Khan, A., Peng, L., Yang, J., Ali, G., Zhou, T., Zhang, Q., Zhang, J. Chitooligosaccharides Production from Shrimp Chaff in Chitosanase Cell Surface Display System. *Carbohydr. Polym.* 2022, 277, 118894.
- [2] Gao, J., You, J., Kang, J., Nie, F., Ji, H., Liu, S. Recovery of Astaxanthin from Shrimp (*Penaeus vannamei*) Waste by Ultrasonic-Assisted Extraction Using Ionic Liquid-in-Water Microemulsions. *Food Chem.* 2020, 325, 126850.
- [3] Higuera-Ciapara, I., Félix-Valenzuela, L., Goycoolea, F.M. Astaxanthin: A Review of Its Chemistry and Applications. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2006, 46, 185–196.
- [4] Khiari, Z., Rico, D., Martin-Diana, A.B., Barry-Ryan, C. Valorization of Fish By-Products: Rheological, Textural and Microstructural Properties of Mackerel Skin Gelatins. *J. Mater. Cycles Waste Manag.* 2017, 19, 180–191.
- [5] Kim, S.K., Mendis, E. Bioactive Compounds from Marine Processing ByProducts—A Review. *Food Res. Int.* 2006, 39, 383–393.
- [6] Roy, V. C., Islam, M. R., Sadia, S., Yeasmin, M., Park, J.S., Lee, H.J., & Chun, B.S. Trash to Treasure: An Up-to-Date Understanding of the Valorization of Seafood By-Products, Targeting the Major Bioactive Compounds. *Marine Drugs*, 2023, 21(9), 485.
- [7] Tokuşoğlu, Ö., *Food By-Product Based Functional Food Powders*, BOOK. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida, USA. ISBN 9781482224375. 306 page.



BALIK YETİŞTİRİCİLİĞİNDE PROPOLİS

PROPOLIS IN AQUACULTURE

Prof. Dr. Banu YÜCEL

Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, İzmir, Türkiye
banu.yucel@ege.edu.tr ; ORC ID:0000-0003-4911-7720

Doç. Dr. M. Tolga TOLON

Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü, İzmir, Türkiye
tolga.tolon@ege.edu.tr; ORC ID: 0000-0002-2233-0663

Özet:

Gelişen ve nüfusu artan Dünya’da gıda endüstrisinde sentetik katkı maddelerinin kullanımı önemli düzeyde artış gösterirken, insanlarda beslenme kökenli hastalıkların sayısında da kaçınılmaz bir artış meydana gelmektedir. Bu durum özellikle gelişmiş ülkelerde insanoğlunun antioksidanlar açısından daha zengin organik gıdalara yönelimini artırmaktadır. Su ürünlerinden önemli bir besin kaynağı olan balık; yüksek kaliteli proteinler, uzun zincirli doymamış yağ asitleri (omega-3), mineraller (kalsiyum, iyot, çinko, demir ve selenyum) ve vitamin (A, B ve D) içermesi nedeniyle toplumsal beslenmede oldukça önemli bir yere sahiptir. Ucuz protein kaynağı olması, zengin besin içeriğinin yanı sıra, doymamış yağlar bakımından oldukça zengin olan balık, dolaşım sistemi ile beyin ve sinir sistemi sağlığında çok önemli bir yere sahiptir. İnsan gıdası olarak oldukça önemli bir kaynak olan balıkların beslenmesinde, sağlıklarının korunmasında doğal bir arı ürünü olan propolis kullanımı son yıllarda hızla popülerlik kazanmaktadır. Polifenoller, flavonoidler bakımından zengin, antibakteriyal, antifungal, antimikotik, antiparazitik özelliklere sahip, sağlık koruma açısından son derece güçlü bir arı ürünü olan propolis, balık yetiştiriciliğinde bağışıklığı güçlendirme, stresi önleme, kas gelişimini ve büyümeyi artırma, yumurta ölüm oranlarını azaltma, zirai kimyasalların etkilerinden koruma gibi amaçlarla kullanılmaktadır. Doğal flavonoid ve polifenol yönünden oldukça zengin olan propolis, balıklarda zirai kimyasallar ve arsenikten kaynaklanan oksidatif stresin önlenmesi ve oksidatif dengenin korunmasında doğal ve düşük maliyetli bir alternatif olarak değerlendirilmektedir. Aynı zamanda doku yenileyici özelliğe sahip olan propolis takviyesi alan balıklarda büyüme ve kas gelişimi artmakta, sindirim, boşaltım ve üreme fonksiyonlarında iyileşme görülmektedir. Propolisin yeme kontrollü ilavesi, gelişmenin erken evresindeki balıkların biyokimyasal ve kan parametrelerine olumlu etki ederken, karaciğeri



koruyucu ve bağışıklık sistemini uyarıcı etkisi ile büyümeyi teşvik etmektedir. Balık beslenmesinde doğal bir arı ürünü olan propolisin kullanılması, sentetik kalıntı içermemesi nedeniyle tercih edilmekte ve su ürünleri sektöründe güvenli kullanım olanağı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Propolis, arı ürünü, balık, sağlık koruma.

Giriş

Dünya’da artan nüfusun beslenme gereksinimlerinin karşılanabilmesi için daha fazla üretim gerçekleştirilmeye başlanmış, ancak buna karşılık nitelikli beslenme için kaliteli gıda tedarikinde açmazlar oluşmuştur. Gıda teknolojisindeki gelişmelerle birlikte sentetik katkı maddelerinin kullanımı hızla artmış, kanser başta olmak üzere metabolik pek çok hastalık görülmeye başlamıştır. Dünya genelinde sağlık temelinde görülen bu problemler, gelişmiş ve ekonomik refah düzeyi daha yüksek toplumlarda doğal beslenme, sağlıklı ve organik gıda yönelimini, talebini gündeme taşımıştır. Organik veya iyi üretim uygulamaları ile üretilen, bağışıklık sistemini güçlendiren yüksek antioksidan içerikli gıdalar, daha “temiz” besin içeriklerine sahip olmaları nedeniyle yüksek fiyatlarına karşılık daha fazla talep görmeye başlamıştır (1).

Su ürünleri içerdiği yüksek kaliteli proteinler, uzun zincirli doymamış yağ asitleri (omega-3), mineraller (kalsiyum, iyot, çinko, demir ve selenyum) ve vitamin (A, B ve D) içeriği ile insanlar için oldukça önemli bir besin kaynağıdır. Bebek, çocuk, ergen, erişkin, yaşlı tüm yaş gruplarının sağlıklı beslenme için gereksinim duyduğu doymamış yağlar bakımından zengin hayvansal proteinlerin büyük bir kısmı su ürünleri, özellikle beyaz et kaynağı balık tüketimiyle karşılanabilmektedir. Düzenli balık tüketimi, özellikle dolaşım, kemik, cilt, kas, eklem, sindirim, boşaltım ve üreme sistemlerinin sağlığının sürdürülebilirliğinde büyük önem taşımaktadır (2).

Dünya genelinde üç milyarı aşan insan, ucuz ve sağlıklı hayvansal protein gereksiniminin önemli bir kısmını kolay sindirilme özelliği ile dikkat çeken su ürünleri ve balık tüketimi ile karşılamaktadır. Önümüzdeki yüzyılın ortalarında artan nüfusun su ürünleri ve balık tüketim talebinin yaklaşık %75’e yakın bir kısmının yetiştiricilik ile sağlanacağı ön görülmektedir. Ancak, sağlıklı beslenmede çok önemli bir yere sahip olan su ürünleri ve balık, değişen çevresel şartlara duyarlı, hızlı bozulabilen organizmalardır. Bozulan bu çevresel şartların düzeltilebilmesi çoğu kez organik olmayan sentetik kimyasal uygulamaları içermekte, balık



üretimi değersizleştirilmekte, tüketimi konusunda kaygı ve şüpheler oluşmaktadır. Bunun yanı sıra çevresel faktörlerdeki olumsuz değişimler ve uygulanan yoğun üretim teknikleri balık tesislerinde önemli kayıplara neden olan hastalıkların ortaya çıkmasına ve yayılmasına, kitlesel balık ölümlerine neden olabilmektedir. Böyle durumlarda oluşabilecek bakteri gelişimine karşı balıklara yem içerisinde koruyucu antibiyotik kullanımı çevre ve insan sağlığına olabilecek olumsuz etkileri nedeni ile tercih edilmemekte, bunun yerine hem balık hem insan sağlığı açısından risk yaratmayacak doğal koruyucular, hem balık üreticileri hem de tüketiciler tarafından benimsenmektedir (2).

Balık Yetiştiriciliğinde Propolis

Son yıllarda polifenoller, flavonoidler bakımından zengin, antibakteriyal, antifungal, antimikotik, antiparazitik özelliklere sahip, sağlık koruma açısından son derece güçlü bir arı ürünü olan propolis, balık yetiştiriciliğinde önemli bir argüman olarak değer kazanmaktadır (3). Propolis; işçi arıların ağaç kabuklarından, bitkilerin filiz, dal ve tomurcuklarından arka bacaklarındaki polen sepetçiklerinde topladığı zamksı maddeleri ve bitki salgılarını, başlarında bulunan salgı bezlerinden salgılanan enzimlerle biyokimyasal değişikliğe uğratarak bir miktar bal mumu karıştırarak oluşturdukları reçinemsî bir maddedir. Polifenoller (flavonoid aglikonlar, fenolik asitler) ve onların esterleri, fenolik aldehitler, alkoller ve ketonlar, sekuiterpen kinonlar, kumarinler, steroidler, amino asitler ve inorganik bileşikler gibi çeşitli kimyasal yapıları kapsayan çok fazla sayıda bileşeni yapısında barındırmaktadır. Kovanda; giriş deliğinin daraltılması, çerçevelerin sabitlenmesi, kovanın onarılması, petek gözlerinin dezenfeksiyonu ve kovana giren zararlıların mumyalanması amacıyla kullanılan propolis, hem kovayı hijyen açısından güçlendirmekte hem de bakteriyal ve viral enfeksiyonlara karşı korumaktadır. Kovandaki tarlacı arılar tarafından sıcak günlerde ve günün sıcak saatlerinde toplanan propolisin huş, dişbudak, karaağaç, çam, meşe, okaliptüs, kavak, kestane gibi ağaçların tomurcuklarından, dal ve yapraklarından elde edildiği; kimyasal bileşiminin ve fenolik madde miktarının bitki kaynağına bağlı olarak değişebileceği bildirilmektedir. Ayrıca, propolis toplama yöntemi, propolisin fenolik bileşiklerinin kompozisyonunu da etkilemektedir (1).

Propolisin temel komponentlerinin flavonoidler olduğu tespit edilmiştir. Propolisin flavonoid yapısı toplandığı bitkiye bağlı olarak bazı farklılıklar da gösterebilmektedir. Propoliste bulunan bütün komponentlerden flavonoidlerin oranı %25'in üzerindedir. Flavonoidler polifenolik bileşiklerdir. Serbest radikal temizleme özelliklerinden dolayı antioksidantlardır ve lipid



peroksidasyonunu inhibe ederler (4). Bu doğal kimyasal bileşikler ve doğal antioksidanlardan olan polifenoller, antiseptik, antimikotik, antibakteriyel, antiinflamatuvar ve antitümör aktivitesi ile balıklar için de önemli endikasyon sağlayan komponentlerdir. Propolis, yetiştiriciliği yapılan birçok tür tatlı su ve deniz balıklarında, akvaryum balıklarında ve işlenmiş su ürünlerinde ve balık yetiştiriciliğinde bağışıklığı güçlendirme, hastalıklarla mücadele, stres önleme, kas gelişimi, yemden yararlanma ve büyümeyi arttırma, yumurta ölüm oranlarını azaltma, zirai kimyasalların etkilerinden koruma gibi alanlarda kullanılmaktadır (5). Balıkların üretilmesi sırasında maruz kaldıkları sıcaklık değişiminin, ellemenin, sağımın, taşımanın, aşılamanın yarattığı stres faktörleri büyüme oranlarını azaltmakta, hatta çoğu kez balığın ölümüne neden olabilmektedir. Balıkta oluşan yoğun stres, hormonal faktörlerin değişimine ve dolayısıyla bağışıklık sisteminin olumsuz etkilenmesine yol açmaktadır. Bu durumda propolisin kullanımı balıkta meydana gelen enzim aktivitelerinde bozulmanın yol açtığı olumsuz etkileri önlemektedir. Levrek (*Dicentrarchus labrax*), alabalık (*Oncorhynchus mykiss*), somon (*Salmo trutta*), Nil tatlı su çipurası (*Oreochromis niloticus*), koi (*Cyprinus carpio carpio*) ve yılan balıklarında (*Anguilla anguilla*) beslemede yeme eklenen propolisin, yem sindiriminde ve yemden yararlanmada önemli düzeyde etki gösterdiği, yemin sindirilmesini ve emilim düzeyini artırarak büyüme performansında iyileşmeye neden olduğu ortaya konulmuştur. Ayrıca propolisin balıklarda doku hasarını önlediği, kan hücrelerinin sayısını artırdığı, kas gelişimini hızlandırdığı, sindirim sistemi fonksiyonlarını düzenlediği, erkek hayvanlarda sperm motilitesi ve sayısını, dişi hayvanlarda ise yumurta hücre sayılarını artırdığı belirtilmektedir (6,7,8).

Propolis antifungal özelliği ile alabalık yumurtalarında meydana gelen mantar enfeksiyonlarında başarılı sonuç vermekte, balıklarda bağışıklık sistemini olumlu yönde etkilemektedir (8,9). Propolisin yem katkısı olarak verilmesinin yanında propolis ekstraktından hazırlanan aşılarda deri altı enjeksiyonu ile kullanımı sonucunda çipura (*Sparus aurata*) balıklarının bağışıklık sisteminde daha etkin bir gelişme görüldüğü yapılan bilimsel çalışmalarda ortaya konulmuştur (2). Propolis ile aşılamanın balıklarda *Aeromonas hydrophilia*, *Yersinia ruckeri* ve *Streptococcus iniae* türü patojen mikroorganizmaların gelişimini durduğu bildirilmektedir (10). Akvaryum balığı olan koi balıklarında ağız, göz kenarları ve solungaçlarda görülen ülserler ve vücutta oluşan yaraların tedavisinde propolis banyosu başarı ile uygulanmakta, koi balıklarının mukus tabakasına yapışan propolis dokuyu etkili şekilde tedavi etmektedir. Propolisin içerdiği doğal antibakteriyel bileşikler, balık patojenleri ile mücadelede çok etkili sonuç vermektedir. Alabalık rasyonuna propolis



eklenmesinin kandaki üre değerlerini önemli düzeyde azalttığı ortaya konulmuştur. Rasyonlarına % 2,5 propolis ve polen eklenen Nil tilapyasında (*Oreochromis niloticus*, L); büyüme, üreme, karaciğer ve böbrek fonksiyonlarının önemli düzeyde iyileştiği bulgusuna ulaşılmıştır (1).

Balıklarda patojen bakterilerle mücadelede yaygın olarak kullanılan bir antibiyotik olan oksitetrasiklin yoğun doz ve uzun süreli kullanımda balıklarda oksidatif stresin gelişmesine yol açarak, balık metabolizmasındaki oksidan ve antioksidan dengesini bozmakta, balıkta doku hasarına neden olmaktadır. Ancak, oksitetrasiklin tedavisi ile eşzamanlı olarak balıklara propolis katkılı yem verilmesi oksidatif strese karşı koruyucu etki yaratarak oluşabilecek ilaç toksisitesini önlemektedir (11). Özellikle akarsular ile etkileşim halinde olan toprak, beton havuz ve göller gibi alanlarda su ürünleri yetiştiriciliğinde tarım alanlarında kullanılan zirai sentetik kimyasalların akarsular aracılığı ile balık üretim alanlarına taşınması, sanayi atıkları ile doğal sulara karışan arseniğin üretim alanlarına ulaşarak, balıklarda oksidatif strese neden olması karşılaşılan sorunlardan bazıları olarak sıralanabilir. Bu noktada propolis kullanımı oksidatif stresin önlenmesinde doğal ve düşük maliyetli bir alternatif olarak başarı ile kullanılabilir (12, 13). Propolis balık etlerinin işlenmesi, bakteri yükünün azaltılması veya önlenmesinde de başarılı sonuçlar vermektedir. İşlenmiş su ürünlerinde mikrobiyal aktivite nedeniyle üretilen balıkların ¼'lük kısmının imha edildiği göz önüne alındığında propolis gibi doğal koruyucuların su ürünleri ekonomisine de dolaylı olarak büyük bir katkı sunduğu anlaşılabilecektir.

Sonuç

Arı ürünlerinden propolisin su ürünleri ve balık yetiştiriciliği alanında kullanımı son yıllarda daha yaygın gündeme gelmekle beraber, yapılan çeşitli bilimsel çalışmalar su ürünleri ve balıkçılık sektörü için oldukça umut verici sonuçları ortaya koymaktadır. Bilimsel çalışmaların ve bu çalışmaların getirdiği toplumsal farkındalıkla beraber, propolisin su ürünleri üreticileri tarafından balıkçılık sektöründe kullanımının daha fazla artması beklenebilir. Halen sektörde yaygın olarak kullanılan birçok sentetik terapötik ajan yerine, ilerleyen süreçte doğal ve düşük maliyetli bir arı ürünü olan propolisin su ürünleri sektöründe yapılan uygulamalarda daha fazla kullanılacağı ön görülmektedir.



Kaynaklar

1. Topal, E., Yücel, B., Kösoğlu, M., 2013. Propolisin hayvancılık, tarım ve gıda teknolojisinde kullanımı. Hasad Hayvancılık Dergisi 29(341): 58-65.
2. Tolon, M.T. 2021. Arı ürünlerinin su ürünlerinde kullanımı. T.C. Sağlık Bakanlığı Apiterapi Uygulaması Kitabı. No:1232. S: 52-57. ISBN: 978-975-590-845-8
3. Yücel, B., Topal, E., Kosoglu, M. 2017. Bee products as functional food. Superfood and Functional Food: (Chapter 2). ISBN: 978-953-51-5020-6. INTECH Pub, 15-33.
4. Atik, A., Gümüş, T. 2017. Propolisin Gıda Endüstrisinde Kullanım Olanakları. Akademik Gıda, 15(1): 60-65.
5. Cristea, V., Antache, A., Grecu, I. Docan, A., Dediu, L., Mocanu, M.C. 2012. The use of phytobiotics in aquaculture. Lucrări Științifice–Seria Zootehnie, 57: 250-5.
6. Šegvić-Bubić, T., Boban, J., Grubišić, L., Trumbić, Ž., Radman, M., Perčić, M., Čož-Rakovac, R. 2013. Effects of propolis enriched diet on growth performance and plasma biochemical parameters of juvenile European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) under acute low-temperature stress. Aquaculture Nutrition, 19(6): 877-85.
7. Dotta, G., de Andrade, J.I.A., Gonçalves, E.L.T., Brum, A., Mattos, J.J., Maraschin, M., Martins, M.L. 2014. Leukocyte phagocytosis and lysozyme activity in Nile tilapia fed supplemented diet with natural extracts of propolis and Aloe barbadensis. Fish Shellfish Immun, 39(2): 280-4.
8. Deng, J., An, Q., Bi, B., Wang, Q., Kong, L., Tao, L., Zhang, X. 2011. Effect of ethanolic extract of propolis on growth performance and plasma biochemical parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Fish Physiol Biochem, 37(4): 959-67.
9. Velotto, S., Vitale, C., Varricchio, E., Crasto, A. 2011. Effect of propolis on the fish muscular development and histomorphometrical characteristics. Acta Veterinaria Brno, 79(4): 543-50.



10. Tukmechi, A., Ownagh, A., Mohebbat, A. 2010. In vitro antibacterial activities of ethanol extract of iranian propolis (EEIP) against fish pathogenic bacteria (*Aeromonas hydrophila*, *Yersinia ruckeri* & *Streptococcus iniae*). Brazilian Journal of Microbiology, 41(4): 1086-92.
11. Enis Yonar, M., Mişe Yonar, S., Silici, S. 2011. Protective effect of propolis against oxidative stress and immunosuppression induced by oxytetracycline in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, W.). Fish Shellfish Immun, 31(2): 318-25.
12. Talas, Z.S., Gulhan, M.F., Erdogan, K., et al. 2014. Antioxidant effects of propolis on carp *Cyprinus carpio* exposed to arsenic: biochemical and histopathologic findings. Dis Aquat Organ, 108(3): 241-249.
13. Kakoolaki, S., Talas, Z.S., Cakir, O., et al. 2013. Role of Propolis on Oxidative Stress in Fish Brain. Basic and Clinical Neuroscience, 4(2): 153-8.



DENİZEL KAYNAKLARIN SÜRDÜRÜLEBİLİR KULLANIMI

Doç. Dr. LATİFE CEYDA İRKİN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi-latifeirkin@gmail.com – 0000-0001-6603-8413

ÖZET

Denizel kaynaklar; balık ve deniz ürünleri, tuz, petrol ve doğal gaz gibi mineral kaynaklar, biyolojik çeşitlilik, turizm potansiyeli ve ulaşım yolları gibi çok çeşitli ekolojik ve ekonomik değerleri içinde barındıran sistemlerdir. Bu kaynakların giderek artan nüfus, sanayileşme ve iklim değişikliği gibi baskılar altında olması, sürdürülebilir kullanımını kaçınılmaz bir zorunluluk haline getirmiştir. Denizel kaynaklar genel olarak yenilenebilir (örneğin balık stokları, rüzgar enerjisi, dalga enerjisi) ve yenilenemez (petrol, doğal gaz, deniz kumu) olarak ikiye ayrılır. Ayrıca ekosistem hizmetleri (karbon yutma, oksijen üretimi, kıyı koruma gibi) de bu kaynakların bir parçasıdır. Denizel kaynakların sürdürülebilir kullanımı, hem bugünkü ihtiyaçların karşılanmasını hem de gelecek nesillerin aynı kaynaklara erişimini garanti altına almayı hedefler. Aşırı avcılık, kıyı tahribatı, plastik kirliliği, gemi trafiği ve iklim değişikliği gibi tehditler deniz ekosistemlerinin işlevini bozmaktadır. Bu bozulmalar, sadece çevresel değil aynı zamanda sosyoekonomik krizlere de neden olabilir. Denizel kaynakların sürdürülebilir kullanımı, yalnızca çevre sağlığı için değil; gıda güvenliği, enerji politikaları, ekonomik kalkınma ve toplum refahı için de kritik öneme sahiptir. Ekosistem temelli, bilimsel verilere dayalı ve katılımcı bir yönetim yaklaşımı, bu kaynakların uzun vadede korunmasını sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Mavi ekonomi, deniz kaynaklarının korunması, akuakültür ve sürdürülebilirlik, bütüncül kıyı ve deniz yönetimi.

1. GİRİŞ

Denizel kaynaklar; balıkçılık, akuakültür, enerji üretimi, biyoteknoloji, taşımacılık, turizm ve iklim düzenleyici hizmetler gibi çok yönlü ekosistem hizmetleri sağlar. Ancak aşırı avcılık, kirlilik, habitat kaybı, iklim değişikliği ve istilacı türler bu kaynakların sürdürülebilir kullanımını tehdit etmektedir. Bu makalede, denizel kaynakların sürdürülebilir kullanımı kavramsal olarak açıklanmakta; uluslararası politik çerçeveler, yönetim yaklaşımları, bilimsel yöntemler ve iyi uygulama örnekleri sunulmaktadır. Ayrıca, Türkiye ve Akdeniz ölçeğinde uygulanabilir stratejilere vurgu yapılmaktadır. Okyanuslar ve denizler, Dünya yüzeyinin %70'inden fazlasını kaplamakta ve milyarlarca insanın geçim kaynağına, gıda güvenliğine ve ekonomik kalkınmasına katkı sağlamaktadır. Aynı zamanda karbon döngüsü, iklim düzenlenmesi, oksijen üretimi ve biyolojik çeşitlilik açısından kritik öneme sahiptir (Costanza et al., 2017). Ancak yanlış yönetim, kaynakların tükenmesine ve ekosistem hizmetlerinde geri



dönüşsüz kayıplara yol açabilmektedir. Bu nedenle sürdürülebilir kullanım, ekolojik bütünlüğün korunması ile ekonomik ve sosyal faydanın dengelenmesini zorunlu kılmaktadır.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Sürdürülebilir kullanım, Birleşmiş Milletler Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi (CBD, 1992) kapsamında “biyolojik çeşitliliğin bileşenlerinin, biyolojik çeşitliliğe zarar vermeden ve gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılamasına engel olmadan fayda sağlayacak şekilde kullanılması” olarak tanımlanmıştır. Denizel bağlamda bu kavram:

Ekolojik sürdürülebilirlik: Stokların biyolojik sınırlar içinde tutulması, habitatların korunması.

Ekonomik sürdürülebilirlik: Kaynakların uzun vadeli ekonomik değerinin korunması.

Sosyal sürdürülebilirlik: Adil paylaşım, kıyı topluluklarının refahı ve kültürel değerlerin sürdürülmesi.

3. TEHDİTLER VE ZORLUKLAR

Aşırı avcılık: FAO (2022) verilerine göre, dünya balık stoklarının %35’ten fazlası biyolojik sürdürülebilir sınırların dışında avlanmaktadır.

Kirlilik: Plastik atıklar, kimyasal kirleticiler, besin tuzu yüklenmesi (ötrifikasyon) ve petrol kirliliği ekosistemleri tehdit eder (Jambeck et al., 2015).

Habitat kaybı: Kıyı yapılaşması, dip trolü ve madencilik gibi faaliyetler çayır, mercan ve mangrov ekosistemlerini yok etmektedir.

İklim değişikliği: Okyanus asitlenmesi, ısınma, oksijen azalması ve tür göçleri.

İstilacı türler: Yerli türleri tehdit eden ekolojik ve ekonomik baskılar (Çizelge 1).

Başlıca Tehditler	Önerilen Stratejiler
Aşırı avcılık	Bilimsel tavsiyelere dayalı kota ve EAF
Kirlilik	Atık yönetimi, plastik azaltma politikaları
Habitat kaybı	Deniz koruma alanları, restorasyon projeleri
İklim değişikliği	Uyum stratejileri, dinamik yönetim
İstilacı türler	Biyoizleme, erken uyarı ve kontrol programları

Çizelge 1. Başlıca tehditler ve bunlara karşı önerilen stratejiler

4. ULUSLARARASI POLİTİKA ÇERÇEVELERİ

Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SDG 14 - Sudaki Yaşam): Denizlerin korunması ve sürdürülebilir kullanımına odaklanır.

Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi (UNCLOS, 1982): Açık denizler ve münhasır ekonomik bölgelerde kaynak yönetimi çerçevesini belirler.

FAO Sorumlu Balıkçılık Davranış Kuralları (1995): Balıkçılığın sürdürülebilirliği için ilkeler sunar.

Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi (1992): Deniz ve kıyı ekosistemlerinin korunması.



Avrupa Birliği Ortak Balıkçılık Politikası (CFP): MSY hedefleri ve ekosistem temelli yönetim ilkeleri.

5. YÖNETİM YAKLAŞIMLARI

Ekosistem Temelli Yönetim (EBM): Türler arası ilişkiler, habitatlar ve insan faaliyetlerinin toplam etkilerini dikkate alır.

Mekânsal yönetim: Deniz koruma alanları (MPA), balıkçılık yasak bölgeleri ve denizel alan planlaması (MSP).

İhtiyatlı yaklaşım: Belirsizlik durumunda ekosistemlerin lehine karar verilmesi.

Hak temelli balıkçılık: Bireylere veya topluluklara belirli haklar tanıyarak uzun vadeli sorumluluk bilinci oluşturur.

Mavi ekonomi ve döngüsel ekonomi: Yenilenebilir enerji, sürdürülebilir turizm ve deniz biyoteknolojisi gibi çevre dostu ekonomik faaliyetlerin desteklenmesi (Çizelge 2).

Boyut	Örnek Fayda	Açıklama
Ekolojik	Tür çeşitliliğinin korunması	Deniz ekosistemleri dengede kalır
Ekonomik	Balık stoklarının devamlılığı	Balıkçılık sektöründe uzun vadeli gelir
Sosyal	Kıyı toplumlarının refahı	Gıda güvenliği ve geçim kaynağı sağlanır

Çizelge 2. Sürdürülebilir Kullanımın Sosyo-Ekonomik Faydaları

6. BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK ARAÇLAR

Ekosistem modelleri: Ecopath with Ecosim, Atlantis.

Uydu gözlemleri ve uzaktan algılama: Balıkçılık çabası ve deniz yüzeyi sıcaklığı.

Elektronik izleme ve yapay zekâ: Yan av ve uyumluluğun izlenmesi.

Genetik ve omik teknolojileri: Popülasyon yapısı, tür izleme.

Doğa temelli çözümler: Mercan restorasyonu, mangrov dikimi, yapay resifler (Çizelge 3).

Tehdit	Strateji	Politika Aracı
Aşırı Avcılık	Av kotası, stok değerlendirmesi, ekosistem temelli balıkçılık	Kota sistemi, MSC sertifikası
Kirlilik	Atık su arıtma, plastiklerin azaltılması	Atık yönetim yasaları
İklim Değişikliği	Karbon salımını azaltma, mavi karbon ekosistemleri koruma	Paris Anlaşması, mavi ekonomi politikaları
Habitat Kaybı	Deniz koruma alanları, yapay resifler	Koruma alanı yönetmeliği

Çizelge 3. Denizel Kaynaklarda Başlıca Tehditler, Stratejiler ve Politika Araçları

7. UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Avustralya Büyük Set Resifi: Balıkçılık ve turizmi dengelerken geniş koruma alanları uygulanmaktadır.

Norveç: Balık stoklarının katı bilimsel tavsiyelerle yönetilmesi sayesinde Kuzey Atlantik morina stokları yeniden inşa edilmiştir.



Akdeniz’de GFCM girişimleri: Küçük ölçekli balıkçılığın sürdürülebilirliği için seçiciliği artırıcı ağlar ve zamansal kapatmalar uygulanmaktadır.

8. SONUÇ

Türkiye, üç tarafı denizlerle çevrili bir ülke olarak mavi ekonomi açısından büyük potansiyele sahiptir. Ancak Karadeniz’de hamsi stoklarının dalgalanması, Akdeniz’de aşırı avcılık ve istilacı türler (ör. balon balığı) sürdürülebilirlik açısından risk oluşturmaktadır.

Öneriler:

Balıkçılıkta EAF tabanlı ulusal planların geliştirilmesi.

Deniz koruma alanlarının genişletilmesi ve etkin yönetimi.

Atık yönetimi ve plastik kirliliğini azaltıcı politikaların uygulanması.

Balıkçı kooperatifleriyle işbirliği içinde izleme ve denetim.

Sürdürülebilir akuakültürün teşviki ve çevresel izleme.

Denizel kaynakların sürdürülebilir kullanımı, yalnızca doğal ekosistemlerin korunması değil; aynı zamanda ekonomik kalkınma, gıda güvenliği ve sosyal refah için de zorunludur. Başarı için bilimsel temelli yönetim, güçlü politika araçları, paydaş katılımı ve küresel işbirliği gerekmektedir. Türkiye’nin bölgesel girişimlere aktif katılımı ve kendi ulusal stratejilerini geliştirmesi, denizel kaynakların korunması ve sürdürülebilir kullanımında kritik rol oynayacaktır.

KAYNAKÇA

Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S. J., Kubiszewski, I., Farber, S., & Turner, R. K. (2017). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 26, 152–158. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>

FAO. (1995). Code of Conduct for Responsible Fisheries. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. (2022). The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768–771. <https://doi.org/10.1126/science.1260352>

United Nations. (1982). United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS).

United Nations. (1992). Convention on Biological Diversity (CBD).



EKOSİSTEM TEMELLİ BALIKÇILIK

Doç. Dr. LATİFE CEYDA İRKİN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi-latifeirkin@gmail.com – 0000-0001-6603-8413

ÖZET

Ekosistem temelli balıkçılık (ETB), sadece hedef türleri değil, aynı zamanda bu türlerin yaşadığı habitatı, etkileşimde bulundukları diğer canlıları ve çevresel faktörleri de dikkate alan bütüncül bir balıkçılık yönetim yaklaşımıdır. Geleneksel balıkçılık yönetimi çoğunlukla maksimum sürdürülebilir verime (MSY) odaklanırken, ETB yaklaşımı biyolojik çeşitlilik, ekosistem işlevselliği ve uzun vadeli sürdürülebilirliği ön planda tutar. Bu yaklaşıma göre, balıkçılık faaliyetleri sadece stokların durumu açısından değil; av araçlarının seçiciliği, deniz tabanı üzerindeki etkiler, besin ağı dinamikleri, iklim değişikliği etkileri ve insan faaliyetlerinin ekosistem üzerindeki baskısı açısından da değerlendirilmelidir. ETB, koruma ve kullanım dengesini gözeterek hem ekosistemi korumayı hem de balıkçılıkla geçinen toplumların sosyal ve ekonomik çıkarlarını sürdürülebilir hale getirmeyi amaçlar. Uluslararası kuruluşlar (FAO, ICES gibi) ve Avrupa Birliği gibi yapılar, ETB'yi balıkçılık politikalarının temel ilkesi olarak benimsemektedir. Türkiye’de de ETB anlayışına geçiş, su ürünleri yönetimi ve koruma stratejilerinde giderek daha fazla önem kazanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Besin ağı dinamikleri, avcılık baskısı, habitat koruması, seçici av araçları.

1. GİRİŞ

Ekosistem Temelli Balıkçılık (Ecosystem Approach to Fisheries—EAF; Ecosystem-Based Fisheries Management—EBFM), tek tür odaklı yönetimden, türler arası etkileşimleri, habitatları, iklim ve sosyo-ekonomik boyutları birlikte ele alan bütüncül bir çerçeveye geçişi ifade eder. EAF’in amacı, insan refahını ve gıda güvenliğini gözetirken deniz (ve içsu) ekosistemlerinin yapısal ve işlevsel bütünlüğünü korumaktır. Bu makale; EAF’in kavramsal temellerini, temel ilkelerini, analitik araçlarını, göstergelerini, yönetim ve politika araçlarını, iklim değişikliği ve belirsizlik altında karar verme yaklaşımlarını ve uygulama örneklerini özetlemektedir. Son bölüm, Avrupa ve Akdeniz bağlamı ile Türkiye için uygulanabilir bir yol haritası sunar. Aşırı avcılık, habitat bozulması ve iklim kaynaklı baskılar, yalnızca stokların bolluğunu değil, besin ağlarını, trofik ilişkileri ve ekosistem hizmetlerini de etkiler. “Tek tür—maksimum sürdürülebilir ürün (MSY)” mantığı çoğu yerde faydalı olsa da; av-avcı ilişkileri, yaş-yapı, yan av (bycatch), deniz kuşları ve memeliler gibi hedef dışı türler ile bentik habitatlar üzerindeki etkiler dikkate alınmadığında ekosistem düzeyinde istenmeyen sonuçlar doğurabilir (Pauly et al., 1998; Pikitch et al., 2004; Link, 2010). EAF bu boşluğu kapatmak için geliştirilmiştir (FAO, 2003; Garcia & Cochrane, 2005).



2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE TANIMLAR

EAF/EBFM, balıkçılık yönetim hedeflerini, ekosistemlerin üretkenlik kapasitesi ve esnekliğiyle uyumlu hale getirmeyi amaçlayan bir yönetim yaklaşımıdır. Bileşenleri şunlardır (Pikitch et al., 2004; Link, 2010):

Bütüncül kapsam: Türler arası etkileşimler, yaşam alanı bağımlılıkları ve besin ağları.

Çoklu hedefler: Biyolojik, ekonomik ve sosyal hedeflerin dengelenmesi.

Önleyici ve risk-temelli yönetim: Belirsizlikleri tanıyıp ihtiyatlılık (precautionary) uygulamak.

Uyarlanabilirlik: İzleme ve öğrenme döngülerine dayalı esnek karar alma.

Paydaş katılımı: Balıkçılar, bilim insanları, sivil toplum ve kamu otoritelerinin birlikte tasarımı.

3. TEMEL İLKELER

Ekosistem bütünlüğü ve üretkenliği: Habitatların, kilit türlerin ve trofik yapının korunması (Garcia & Cochrane, 2005).

Önleyici yaklaşım: Veri belirsizliğinde av baskısını artırmak yerine azaltmak (FAO, 1995).

Türev etkilerin yönetimi: Yan av, atık, hayalet avcılık ve ekolojik yan etkilerin azaltılması (Worm et al., 2009).

Çoklu ölçek yönetimi: Stokların biyocoğrafyasıyla uyumlu bölgesel kurumlar (Levin et al., 2009).

Sosyo-ekonomik sürdürülebilirlik: Geçim kaynakları, gıda güvenliği ve adil gelir dağılımı (Hilborn, 2007).

Şeffaflık ve katılımcılık: Hedefler, eşikler ve kuralların paydaşlarla açık biçimde kararlaştırılması.

4. ANALİTİK ARAÇLAR VE VERİ

4.1. Stok Değerlendirmeleri (EAF uyarlaması)

Yaş-yapılı modellerde doğal ölümlülük, av-avcı dinamikleri, çevresel sürücüler ve işe alım (recruitment) değişkenliği birlikte ele alınır. Hedef dışı tür mortalitesi ve habitat etkileri için düzeltmeler uygulanır (Link, 2010).

4.2. Ekosistem Modelleri

Ecopath with Ecosim (EwE): Besin ağı kütle dengesi ve zaman dinamiği (Christensen & Walters, 2004).

Atlantis: Fiziksel-biyogeo-kimyasal ve insan kullanımını entegre eden 3B platform (Fulton et al., 2011).

MICE (Models of Intermediate Complexity for Ecosystems): Yönetimsel sorulara odaklı az sayıda tür/etkileşim (Plagányi et al., 2014).

4.3. Mekânsal Analizler

Balıkçılık alan planlaması (MSP), kapalı alanlar, zamansal-mekânsal kapanışlar ve “dinamik okyanus yönetimi”.

Uydular, AIS/VMS verileri ve habitat haritalarıyla çaba (effort) ve etki ısı haritaları.

4.4. Göstergeler ve Referans Noktaları

Biyofiziksel: Spawning Stock Biomass (SSB), F/F_{MSY}, boy-yapı, trofik seviye, bentik hassas habitat göstergeleri.

Bütünleşik: AHP veya çok kıstaslı karar (MCDA) ile “ekosistem durum indeksi”.

Sosyo-ekonomik: Kâr, değişken gelir riski, iş güvencesi, piyasa erişimi ve adil bölüşüm metrikleri (Garcia & Cochrane, 2005; Link, 2010).



5. YÖNETİM ÖNLEMLERİ VE POLİTİKA ARAÇLARI

Av Kotası ve Hasat Kontrol Kuralları (HCR): Eşik-kural setleri (ör. SSB_lim, SSB_trigger) ve hedef F'yi biyolojik referanslara bağlama.

Teknik Tedbirler: En küçük av boyu, seçici ağlar, kaçağı azaltan düzenekler (BRD, TED), yan av limitleri.

Mekânsal/Zamansal Kapanışlar: Yumurtlama ve yavru-büyüme alanları, bentik hassas habitatlar için kapalı alanlar; sezonluk kapanışlar.

Denizel Koruma Alanları (MPA/NTZ): No-take rezervlerin biyokütleyi ve tür boyutunu artırdığı ve taşma (spillover) sağlayabildiği gösterilmiştir (Lester et al., 2009).

Hak Temelli Yönetim (TURFs, ITQ'lar): Uygun tasarlandığında çaba ırsamasını azaltır ve uzun vadeli teşvikler üretir (Hilborn, 2007).

Piyasa Temelli Araçlar: Eko-etiketleme (MSC vb.), sürdürülebilir tedarik zinciri standartları.

Uyum ve İzleme: Gözlemci programları, elektronik izleme (kamera), liman devleti tedbirleri, RASSF/örnekleme.

6. BELİRSİZLİK, RİSK VE İHTİYATLILIK

EAF, veri ve model belirsizliğini yönetmek için olasılıksal referans noktaları, risk-kabul eğrileri ve dayanıklılık (resilience) odaklı karar kuralları kullanır (Rice, 2011). Yönetim stratejisi değerlendirmesi (MSE) ile farklı HCR'lerin performansı taklit veriler üzerinde sınanır; sakıncalı sürprizler için tamponlar (buffer) ve güvenlik katsayıları uygulanır.

7. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE EAF

Isınma, okyanus asitlenmesi ve alansal tür yer değiştirmeleri stok üretkenliğini ve dağılımını değiştirir. İklim-hazırlıklı EAF, üretkenlikte rejim kaymalarını tanıyan dinamik HCR, hareketli stoklar için paylaşım anahtarları, iklim göstergeleri ve senaryo tabanlı MSE içerir (Levin et al., 2009; Link, 2010).

8. SOSYO-EKONOMİK BOYUT VE ADİL GEÇİŞ

EAF, sadece biyolojik hedefler değil; kıyı topluluklarının geçim kaynakları, kültürel değerler ve gıda güvenliğini de kapsar. Politika paketleri; geçim çeşitlendirme, filo uyumlaştırma, adil kota tahsisi, topluluk temelli izleme, cinsiyet ve gençlik kapsayıcılığı unsurlarını içermelidir (Garcia & Cochrane, 2005; Hilborn, 2007).

9. UYGULAMA DÖNGÜSÜ

Kapsam ve hedeflerin ortak tanımı: Ürün, ekolojik bütünlük ve risk toleransı açıkça yazılır.

Sürücüler-baskılar-durum-etki-yanıt (DPSIR) analizi: Balıkçılık ve diğer sektör baskılarının haritalanması.

Temel durum ve göstergeler: Veri boşluklarının belirlenmesi, izleme tasarımı.

Yönetim stratejisi ve HCR tasarımı: Sosyo-ekonomik senaryolarla birlikte.

MSE ve danışma: Paydaşlarla birlikte test ve iyileştirme.

Uygulama ve uyumluluk: İzleme, denetim ve gözetim (MCS) planı.

Uyarlanabilir yönetim: Göstergeler ve değerlendirmelere göre periyodik güncelleme.

10. VAKA ÖRNEKLERİ

Kuzey Atlantik—ABD/NOAA: Bölgesel Balıkçılık Yönetim Konseylerinde “Entegre Ekosistem Değerlendirmeleri” ve ekosistem tavsiyeleri işletilmektedir (Levin et al., 2009; Link, 2010).



Avustralya: Çok çeşitli habitat ve türleri içeren bölgelerde Atlantis ve MSE yaklaşımıyla EAF uygulanmıştır (Fulton et al., 2011).

AB Ortak Balıkçılık Politikası (CFP): 2013 reformu ile MSY hedefleri, ihtiyatlılık ve ekosistem etkilerinin azaltılması hükmüne bağlanmıştır (Regulation (EU) No 1380/2013).

Akdeniz & Karadeniz (GFCM): Bölgesel planlar; seçiciliği artırma, KKM/MPA'lar ve EAF yol haritalarıyla desteklenmektedir (FAO/GFCM raporları).

11. AKDENİZ VE TÜRKİYE İÇİN NOTLAR

Çok türlü küçük ölçekli balıkçılık ve göçmen/istilacı türler bağlamında EAF, esnek kapatma-açma takvimleri, seçiciliği yükselten donanımlar ve topluluk temelli veri toplama ile güçlendirilmelidir.

Hassas habitatlar (çayır, mercanlaşan yapı, derin sünger toplulukları) için dişli sınırlamaları ve mekânsal koruma kritik önemdedir.

Boşluklar: İnce ölçekli çaba verisi, yan av ve atık istatistikleri, büyüme-üreme parametreleri, iklim göstergeleri.

Öneri: Ulusal düzeyde EAF bölge planları, GFCM ile uyumlu göstergeler seti, ve balıkçı kooperatifleriyle ortak izleme programları.

12. SONUÇ

EAF, tek tür MSY mantığını reddetmez; onu ekosistemin işleyişi, belirsizlik ve sosyo-ekonomik hedeflerle tutarlı hale getirir. Başarının anahtarı; açık hedefler, ölçülebilir göstergeler, risk-temelli HCR'ler, güçlü izleme-denetim ve gerçek bir paydaş ortaklığıdır. İklim değişikliğinin hızlandığı bir çağda, EAF hem ekosistem dayanıklılığını hem de kıyı toplumlarının refahını güvenceye almanın en uygulanabilir yoludur.

KAYNAKÇA

- Christensen, V., & Walters, C. J. (2004). Ecopath with Ecosim: Methods, capabilities and limitations. *Ecological Modelling*, 172(2–4), 109–139.
- European Union. (2013). Regulation (EU) No 1380/2013 of the European Parliament and of the Council on the Common Fisheries Policy.
- FAO. (1995). Code of Conduct for Responsible Fisheries. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2003). The ecosystem approach to fisheries. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries No. 4, Supplement 2.
- Fulton, E. A., Smith, A. D. M., Smith, D. C., & Van Putten, I. E. (2011). Human behaviour: The key source of uncertainty in fisheries management. *Fish and Fisheries*, 12(1), 2–17.
- Garcia, S. M., & Cochrane, K. L. (2005). Ecosystem approach to fisheries: A review of implementation guidelines. *ICES Journal of Marine Science*, 62(3), 311–318.
- Hilborn, R. (2007). Defining success in fisheries and conflicts in objectives. *Marine Policy*, 31(2), 153–158.
- Lester, S. E., Halpern, B. S., Grorud-Colvert, K., Lubchenco, J., Ruttenberg, B. I., Gaines, S. D., Airamé, S., & Warner, R. R. (2009). Biological effects within no-take marine reserves: A global synthesis. *Marine Ecology Progress Series*, 384, 33–46.



- Levin, P. S., Fogarty, M. J., Murawski, S. A., & Fluharty, D. (2009). Integrated ecosystem assessments: Developing the scientific basis for ecosystem-based management of the ocean. *PLoS Biology*, 7(1), e1000014.
- Link, J. S. (2010). *Ecosystem-Based Fisheries Management: Confronting tradeoffs*. Cambridge University Press.
- Pauly, D., Christensen, V., Dalsgaard, J., Froese, R., & Torres Jr, F. (1998). Fishing down marine food webs. *Science*, 279(5352), 860–863.
- Pikitch, E. K., Santora, C., Babcock, E. A., Bakun, A., Bonfil, R., Conover, D. O., Dayton, P., et al. (2004). Ecosystem-based fishery management. *Science*, 305(5682), 346–347.
- Plagányi, É. E., Skewes, T. D., Murphy, N. E., Pascual, R., Fischer, M., & Hutton, T. (2014). Multispecies fisheries management and models of intermediate complexity. *ICES Journal of Marine Science*, 71(1), 1–12.
- Rice, J. C. (2011). Risk assessment and management in fisheries. *ICES Journal of Marine Science*, 68(8), 1861–1866.
- Worm, B., Hilborn, R., Baum, J. K., Branch, T. A., Collie, J. S., Costello, C., Fogarty, M. J., et al. (2009). Rebuilding global fisheries. *Science*, 325(5940), 578–585.

ARPA YETİŞTİRİCİLİĞİNDE LOKASYONLARIN VERİM VE KALİTE ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN BİPLOT İLE YORUMLANMASI

Prof. Dr. Enver KENDAL

Mardin Artuklu Üniversitesi, Kızıltepe Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Türkiye, <https://orcid.org/0000-0002-8812-8847>

ÖZET

Bu çalışma, Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Diyarbakır, Hazro, Adıyaman ve Mardin ilinin lokasyonlarında yürütülmüştür. Çalışmada 12 adet arpa çeşidi kullanılmış ve araştırmada ekolojilerin tane verimi, bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, protein oranı ve nem parametrelerine olan etkisi incelenmek üzere yürütülmüştür. Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre dört tekerrürlü olarak yürütülen çalışmadan elde edilen veriler biplot analiz yöntemi ile değerlendirilmiştir. ÇÖ (Çevre x Özellik) biplot tekniği ile tüm parametreler birlikte ele alınarak en uygun çevreler belirlenmiştir. ÇÖ biplot tekniğinde PC1 varyasyonun %75.31, PC2 ise %21.88 ve toplamda varyasyonun % 97.18'ini oluşturmuştur. Çalışmada kullanılan scatter plot biplot tekniğine göre Diyarbakır lokasyonu tane verimi, hektolitre ve bin tanı ağırlıklarının tam merkezinde yer alarak bu özellikler bakımından iyi lokasyon olduğu, Mardin lokasyonunun protein oranı bakımından öne çıktığı görülmüştür. Sektör analizinde toplamda üç sektör oluşmuş Diyarbakır, Hazro ile aynı sektörde yer almış ve tane verimi ile hektolitre ağırlığı ile ilişkilendirilmiş, Adıyaman lokasyonu 2. sektörde yer alarak bin tane ağırlığı ve tanedeki nem oranı ile ilişkilendirilmiş, Mardin lokasyonu ise 3. Sektörde yer almış ve protein oranı ile ilişkilendirilmiştir. Tüm özelliklerin ortalaması bakımından yapılan Ranking biplot analizinde Diyarbakır lokasyonu hem en stabil, Adıyaman lokasyonu ise en elverişli olduğu belirlenmiştir. Comparison yönteminde de Adıyaman lokasyonu en ideal merkeze göre en yakın çemberde konumlanarak en ideal lokasyon olduğu teyit edilmiştir. Ayrıca Diyarbakır lokasyonunun ikinci derecede tavsiye edilebileceği görülmektedir. ÇÖ Biplot analiz tekniği verilerin ortalamasına göre oluşturduğu grafikler ile sonuçların görsel olarak kolayca yorumlanabileceği bir teknik olduğunu kanıtlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Biplot, lokasyon, arpa, özellik, kalite.



INTERPRETATION OF THE EFFECT OF LOCATIONS ON YIELD AND QUALITY IN BARLEY GROWING WITH BIPLLOT

ABSTRACT

This study was conducted in the Southeastern Anatolia Region, in the locations of Diyarbakır, Hazro, Adıyaman, and Mardin provinces. Twelve barley varieties were used in the study to investigate the effects of ecology on grain yield, thousand grain weight, hectoliter weight, protein content, and moisture parameters. Data obtained from the study, conducted according to a randomized complete block design with four replications, were analyzed using biplot analysis. The optimal environments were determined by considering all parameters together using the Environment x Trait (ÇÖ) biplot technique. In the ÇÖ biplot technique, PC1 accounted for 75.31% of the variation, PC2 for 21.88%, and 97.18% of the total variation. According to the scatter plot biplot technique used in the study, the Diyarbakır location was found to be the most suitable location in terms of grain yield, hectoliter weight, and thousand grain weight, being at the center of these characteristics, while the Mardin location was found to be the most suitable location in terms of protein content. The sector analysis resulted in three sectors: Diyarbakır, located in the same sector as Hazro, was associated with grain yield and hectolitre weight. The Adıyaman location was in sector 2, associated with thousand-grain weight and grain moisture content. The Mardin location was in sector 3, associated with protein content. Ranking biplot analysis, based on the average of all traits, determined the Diyarbakır location to be the most stable, while the Adıyaman location was the most suitable. The comparison method confirmed that the Adıyaman location was the most ideal location, being located in the closest circle to the ideal center. Furthermore, the Diyarbakır location appears to be a secondary recommendation. The ÇÖ biplot analysis technique, with its graphs generated based on the average of the data, has proven to be a technique that allows for easy visual interpretation of the results.

Key Words: Biplot, location, barley, trait, quality.

1. GİRİŞ

Günümüzde hızlı nüfus artışına paralel olarak, bitkisel ve hayvansal ürün miktarının artırılması gerekmektedir. Bitkisel üretimde arzulanan üretim artışı ile birlikte değişen çevre şartlarında kaliteli, yeni çeşitlerin geliştirilmesi ya da üretimdeki çeşitlerin yaygınlaştırılması gelmektedir. Aynı şekilde hayvansal üretim miktarı ve kalitesini artırmak için de kaliteli hayvan ırklarının



kullanımı yanında hayvan beslenmesinde kullanılan yemlerin kalitesi de artırılmalıdır (Karahan, 2020). Yem ve malt sanayisinde önemli miktarda kullanılan arpa, tahıllar içerisinde ekim alanı bakımından buğdaydan sonra ikinci sırada gelmektedir (Sirat ve Sezer, 2017). Son zamanlarda Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yapılan ıslah çalışmalarında bölge şartlarına uyum sağlayan ve yüksek performans sergileyen çeşitler geliştirilmiş olsa da birim alandan daha yüksek verim ve kaliteli ürün elde etmek için arpa yetiştiriciliğinde bu yeni çeşitlerin ortalamada hangi lokasyonlarda daha iyi yetiştirilebileceğinin araştırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır (Kendal ve ark., 2014).

Tüm araştırmalarda olduğu gibi tarımsal araştırmalardan elde edilen verilerin değerlendirilmesinde de birçok istatistiksel model ve program kullanılmaktadır (Kendal, 2019). Önemli olan bu istatistiksel program ve modellerin araştırmacılar tarafından rahatlıkla kullanılabilmesini ve araştırmacıların doğru sonuçlara kısa yoldan kolayca ulaşabilmesini sağlamaktır. Ayrıca araştırmacıların kolaylıkla kullanıp yorumlayabilecekleri istatistiksel modelleri keşfedip bulmak ve bu modelleri araştırarak araştırmacıların hizmetine sunmaktır (Yan ve Frégeau-Reid, 2018). Bu nedenle araştırma konusu her zaman önemini ve güncelliğini korumaktadır. Araştırma, belirli bir konuda ilerleme kaydetmek, belirsizlikleri ve sorunları gidermek amacıyla bilimsel bir yöntem kapsamında veriler elde etmek ve bu verileri analiz ederek anlaşılır bir şekilde yorumlayarak konunun kaynağına katkıda bulunmaktır.

Araştırmalardan elde edilen verilerin sürekli olarak aynı yöntemlerle analiz edilmesi veya yorumlanması araştırmaların gelişmesini engellemektedir. Bu nedenle özellikle bilimin gelişmesi bazı yeni analiz yöntemlerinin de gelişmesine yol açmaktadır (Mahmoud vd., 2020). Araştırma sonuçlarının değerlendirilmesinde ve yorumlanmasında geliştirilen yeni analiz yöntemlerinin kullanılması, araştırma sonuçlarının önemini artırmaktadır. Araştırmacıların son dönemde özellikle bitki ıslahı ve çeşit uyumu araştırma sonuçlarının değerlendirilmesinde Bi-plot analiz tekniğini çokça uyguladıkları bir gerçektir (Kuo vd., 2021; Oppong-Sekyere vd., 2019).

Bi-plot birçok değerlendirme modeliyle araştırmacıların ilgisini çekmiş ve birçok araştırma sonucunu değerlendirmek için tercih edilmiştir (Nigam, 2008; Yan ve Frégeau-Reid, 2008). Bu modeller arasında en çok GT (Genotype x Trait) biplot modeli kullanılmaktadır. Bu model aynı zamanda genotiplerin özellik profillerini belirlemek için GGE (Genotip, Genotip x Çevre) biplotuna alternatif olarak da kullanılmaktadır (Yan, 2016). GT-biplot modelinde genotipler özelliklere göre çift yönlü olarak analiz edilir. Bunlardan biri genotiplerin özelliklere göre birbirlerinden farklılıklarını anlamak, ikincisi ise genotiplerin özelliklerle ilişkilerini anlamak



için tasarlanmıştır. Yani genotipler tek bir özellik açısından değerlendirilebileceği gibi görsel olarak tüm özellikler açısından da değerlendirilebilir.

Bu amaçla tane veriminin değerlendirilmesinin yanında farklı lokasyonlarda gözlenen bazı özellikler ile kalite kriterlerine ait ortalama veriler de biplot analiz yöntemi ile değerlendirilmiştir. Ayrıca bu yöntemle verim ile özellikler arasındaki ilişkiler ile çeşitler ile özellikler arasındaki ilişkiler de incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Bu araştırma 2012-13 yılı üretim sezonunda Diyarbakır, Hazro, Adıyaman ve Mardin lokasyonlarında yürütülmüştür. Bu çalışmada bitki materyali olarak bölgede yetiştiriciliği yapılan iki adet standart arpa çeşidi ile birlikte 10 adet hat kullanılmıştır.

Araştırmanın yürütüldüğü lokasyonlarının özellikle rakımları birbirinden farklılık arz etmektedir. Diyarbakır arpa için optimum çevre şartlarına sahip iken Adıyaman ve Mardin daha sıcak ayrıca Mardin daha kurak ve Hazro lokasyonu ise daha serin çevre şartlarına sahiptir.

Araştırma Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür

Denemede kullanılan tohumluk temizlenip, çimlenme ve saf tohumluk yüzdeleri belirlendikten sonra bin dane ağırlığına göre her alt parsel için ayrı ayrı hassas terazide tartılarak kullanılmıştır. Her parselin toplam alanı $1,2 \times 6 = 7,2$ m² olarak belirlenmiştir. Ekim en uygun ekim zamanında Wintersteiger 2200 (92 model) deneme mibzeri ile yapılmıştır.

Ekimle birlikte 20-20-0 kompoze gübresi 6' şar kg/da (P2O5) ve azot (N) gübre dozu gelecek şekilde tartılarak kullanılmıştır. Üst gübreleme için amonyum nitrat (% 26) 6 kg/da gelecek şekilde kardeşlenme döneminde verilmiştir. Geniş ve dar yapraklı yabancı otlara karşı granstar ile illoxan kimyasal ilaçları karıştırılarak yabancı ot bitkilerinin 2-4 yapraklı oldukları dönemde kullanılmıştır. Yol kesimleri sırasında denemenin her iki tarafından 0.5 m alınmış ve hasat, Hege deneme biçerdöveri ile $1,2 \times 5 = 6$ m² üzerinden hasat olum döneminde yapılmıştır. Araştırma; Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre yürütülmüş verim ve bazı kalite parametrelerinden elde edilen veriler veriler Genstat 14 paket programında analizleri yapılmış ve biplot analiz tekniği ile yorumlanmıştır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Araştırmada elde edilen verilerin her lokasyon için ortalamaları(Çizelge 1) alınarak biplot analizine tabii tutulmuş ve yorumlar ortaya çıkan grafikler üzerinden yapılmıştır.



Çizelge 1. Çalışmada tane verimi ve verim parametrelerine ait veriler

Çevreler	Tane Verimi	Hektolitire	Bin Tane Ağırlığı	Protein Oranı	Nem
Diyarbakır	557.7	71.8	38.1	12.0	7.6
Hazro	493.7	73.1	38.4	11.1	7.5
Adıyaman	425.3	70.5	40.1	13.4	7.7
Mardin	255.8	68.3	34.1	14.8	7.7
Ortalama	433.2	70.9	37.7	12.8	7.6

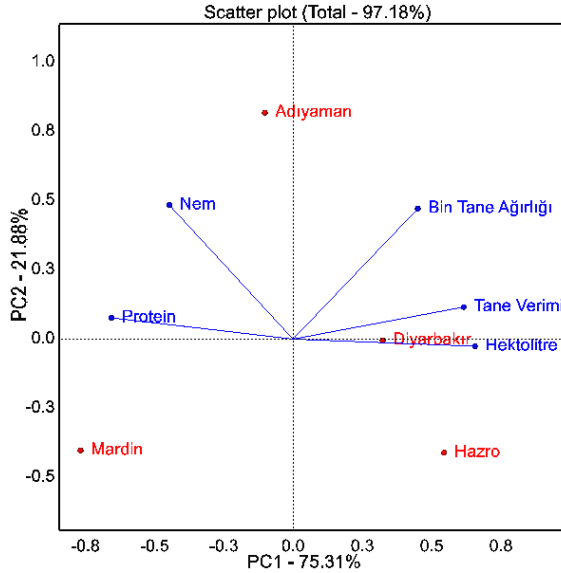
Araştırmada kullanılan çeşitler ile incelenen özellikler arasındaki ilişkiler

Biplot tekniği ile araştırmada kullanılan çeşitler ile incelenen özellikler arasındaki ilişkiler görsel olarak farklı açılardan grafiklerle incelenebilmektedir (Şekil 1, 2, 3, 4). ÇÖ biplot tekniği, incelenen varyasyon kaynaklarını iki yönlü olarak incelememizi kolaylaştırmaktadır. Bir yandan incelenen özellikler arasındaki ilişki, öbür taraftan ise lokasyonlar ile özellikler arasındaki ilişki açıklanmaktadır. İki özelliğe ait vektörler arasındaki açı değeri ($>0^{\circ}$ -- $<90^{\circ}$) daraldıkça özellikler arasındaki ilişki pozitif, açı değeri (90° -- $<180^{\circ}$) arttıkça negatif bir ilişki olduğunu göstermektedir (Kendal, 2020; Kendal ve Sayar, 2016). Ayrıca grafik üzerinde gösterilen çevrelerin bulundukları konumlarına ve özelliklere olan uzaklık ve yakınlıklarına göre hangi çevrenin hangi özellikler bakımından yüksek veya düşük değerlere sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 1). Lokasyonlar grafik üzerinde merkeze yakın bölgelerde konumlanmaları durumunda tüm özellikler bakımından tatminkâr, merkezden uzak ve herhangi bir özelliğe yakın bir bölgede konumlanmış ise ilgili özellik bakımından yüksek değerlere sahip olduğu ve ilgili çevre ilgili özellik bakımından değerlendirilebileceği veya elenebileceğini göstermektedir (Kendal, 2019). ÇÖ biplot tekniğinde PC1 varyasyonun %75.31, PC2 ise %21.88 ve toplamda varyasyonun % 97.18'ini oluşturmuştur. Scatter plot biplot tekniğine göre tane verimi ile hektolitire ve bin tane ağırlıkları arasında pozitif, diğer verim özellikleri ile kalite özellikleri ile verim arasında negatif bir ilişki olduğu görülmüştür. Diyarbakır lokasyonu tane verimi, hektolitire ve bin tane ağırlıklarının tam merkezinde yer alarak bu özellikler bakımından iyi lokasyon olduğu, Mardin lokasyonunun protein oranı bakımından öne çıktığı görülmüştür. Görsel olarak hangi çeşidin hangi özellikler bakımından ön plana çıktığı rahatlıkla görülmekte ve tavsiyeleri kolaylaştırmaktadır.

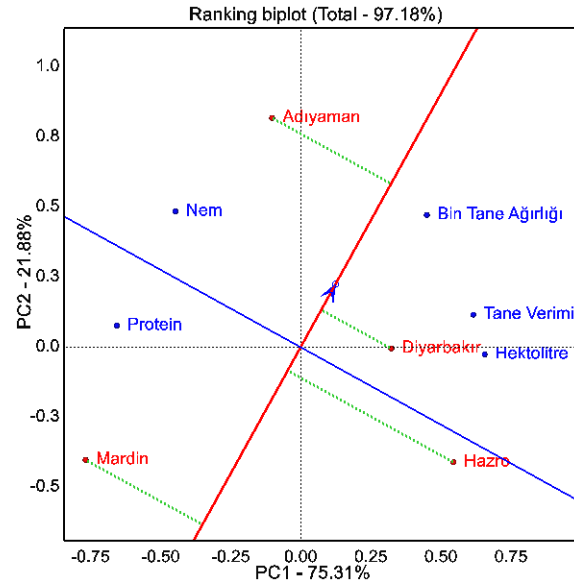
Mega-grup analizi ile özellikler gruplandırılabilen ve çevreler ilgili grup özellikleri ile olan yakınlıkları bakımından en uygun çevrelerler belirlenebilmektedir (Şekil 2). Yukarıdaki açıklamaya göre Sektör analizinde toplamda üç sektör oluşmuş Diyarbakır, Hazro ile aynı sektörde yer almış ve tane verimi ile hektolitire ağırlığı ile ilişkilendirilmiş, Adıyaman



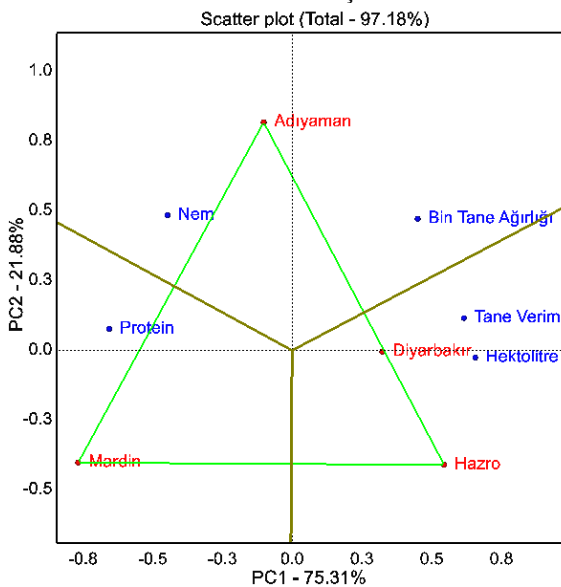
lokasyonu 2. sektörde yer alarak bin tane ağırlığı ve tanedeki nem oranı ile ilişkilendirilmiş, Mardin lokasyonu ise 3. sektörde yer almış ve protein oranı ile ilişkilendirilmiştir. Kısacası sektöre göre çevreler ve özellikler arasındaki ilişkiler görülebilmekte ve hangi çevre hangi özellikler bakımından yüksek değerlere sahip olduğu belirlenebileceği gibi bunlara bağlı olarak lokasyon tavsiyesi daha rahat yapılabilceği belirlenmiştir.



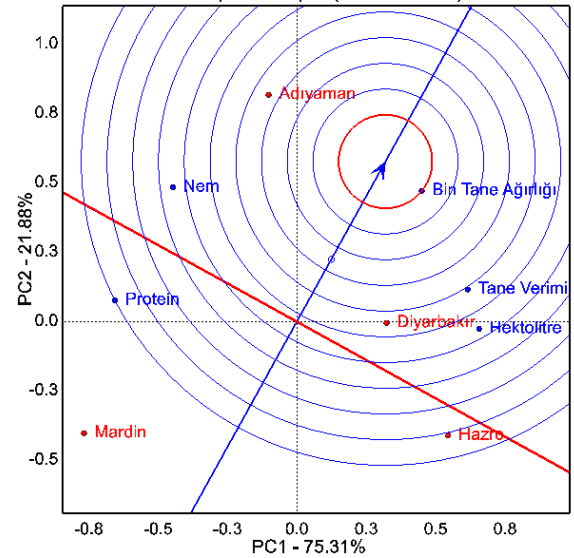
Şekil 1. Çevreler ile özellikler ve özellikler arasındaki ilişki



Şekil 3. Çevrelerin özellikler bakımından stabilitesi



Şekil 2. Çevreler ile özelliklerin sektör analizi ve özelliklerin gruplandırılması



Şekil 4. Özellikler bakımından en ideal çevrenin belirlenmesi

Ranking biplot yöntemi, tüm özelliklerin ortalama değerleri kullanılarak bir grafik oluşturulmaktadır (Şekil 3). Bu grafik iki eğri (ok ile gösterilen dikey ve yatay eğri) ile açıklanmaktadır. Dikey eğri özelliklerin ortalamasını, ok ile gösterilen yatay eğri ise tüm özelliklerin ortalaması bakımından genotiplerin stabilitesini göstermektedir. Çevreler stabilize



eğrisine (ok ile gösterilen yatay eğri) olan uzaklık ve yakınlıklarına göre stabil durumları açıklanmaktadır. Eğer çevreler eğrinin tam üzerinde ise tüm özellikler bakımından oldukça stabil olduğunu göstermektedir (Kendal, 2019; Oral et al., 2018). Bu açıklamalara göre Diyarbakır çeşidi bu çalışmada tüm özellikler bakımından en stabil çevre olduğu görülmektedir. Ancak çevrelerin tüm özellikler bakımından stabil olmaları yetmez, bu çevrelerin aynı zamanda ortalama eğrinin (dikey) üzerinde ve ilerde yer almaları istenir. Bu durumda Adıyaman çevresi de tüm özelliklerin ortalama değerleri bakımından ortalama eğrinin ilerisinde yer alarak tercih edilebilecekleri görülmektedir. Ancak Mardin ve Hazro çevreleri ortalama değerler bakımından ortalama eğrinin gerisinde kalarak zayıf çevreler olduklarını göstermektedir.

Comparison biplot grafiği özelliklere ait ortalama değerler kullanılarak bir ideal merkez ve dikey ortalama eğrisi oluşturulur (Şekil 4). Çevreler ortalama dikey eğrinin altında konumlanmış ise bunlar öncelikli elenir. Çeşitler ortalamanın üzerinde ideal merkeze yakın konumlanmış ise bunlar elverişli olarak belirlenebilmektedir(Kendal, 2020;Kendal ve ark., 2016). Bu açıklamalara göre Adıyaman lokasyonu bu çalışmada ideal merkez en yakın noktada yer aldığı için tüm özellikler bakımından en ideal çevre olduğu görülmektedir. Ayrıca elverişli çevreler ortalama eğrinin (dikey) üzerinde ve ilerde yer almaları istenir. Bu durumda Diyarbakır çevresi de de tüm özelliklerin ortalama değerleri bakımından ortalama eğrinin ilerisinde yer alarak elverişli olduğu görülmektedir. Ancak Mardin ve Hazro lokasyonları ortalama değerler bakımından ortalama eğrinin gerisinde kalarak zayıf oldukları ve başta elenmeleri gerekli olduğu göstermektedir. Özellikle çok sayıda çevrenin kullanıldığı ve fazla özelliğin incelendiği araştırmalarda çevrelerin uygunluğunu özelliklerin ortalamalarına göre yorumlarken sayısal ve istatistiksel rakamlara bakıp yapılan değerlendirmelerde bitki ıslahçıları yormakta ve çok fazla zamanlarını almaktadır. ÇÖ biplot tekniği görsel olarak birçok açıdan çevre ile özellikler arasındaki ilişkileri ile özelliklerin birbiri ile olan ilişkilerini yorumlamada bize oldukça kolaylık sağladığı için en uygun çevreleri rahatlıkla belirlememize kolaylık sağladığı için faydalı bir teknik olduğu görülmektedir. Bu nedenle bu konuda yaptıkları araştırma sonuçlarında bu tekniğin faydalı olduğu birçok araştırmacı tarafından belirtilmiştir (Butnaru ve ark., 2014; Ponomarev ve ark. 2018; Kendal ve ark., 2019).

4. SONUÇLAR

Bu araştırma, dört farklı çevrede oniki adet arpa genotipi ile yapılan çalışmadan elde edilen veriler ÇÖ biplot tekniği ile analiz edilerek çevre-özellik ilişkileri grafikler üzerinden



incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre grafikler üzerinden yapılan değerlendirmelerde Diyarbakır çevresinin tüm özellikler bakımından en stabil lokasyon olduğu ve yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Adıyaman lokasyonu da yüksek değerlere sahip olduğu için tercih edilmesi gereken lokasyon grubunda yer almıştır. Mardin lokasyonu sadece protein oranı bakımından ön plana çıkarken Hazro lokasyonu tüm çevrelerin gerisinde kalmıştır. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde arpa yetiştiriciliğinde Diyarbakır ve Adıyaman lokasyonları biplot analizinin sonuçlarına göre de en uygun lokasyonlar olduğu bir kez daha teyit edilmiştir. Buna ilaveten ÇÖ biplot görsellerinin çevre x özellik ilişkilerini yorumlanmasında ıslahçılara oldukça kolaylık sağladığı sonucuna varılmıştır. Bu sonuçlara bakarak bu tekniğin diğer araştırmalarda da rahatlıkla kullanılabileceği önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Butnaru, G., Sarac, I., & Ciulca, S. (2014). Relationship among yield and plant specific traits on triticale Romanian varieties in Timisoara environment. *Communications in agricultural and applied biological sciences*, 79(4), 201-210.
- Karahan, T. (2005). Güneydoğu ekolojik koşullarında bazı arpa (*Hordeum vulgare* L.) çeşitlerinin verim ve verim unsurlarının belirlenmesi. Van Yüzyılınca Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim dalı Başkanlığı, Yüksek Lisans Tezi, 37
- Kayan, N., Olgun, M., Kutlu, İ., Ayter, N., Gülmezoğlu, N. (2014). Sulanan ve Sulanmayan Koşullarda Yetiştirilen Nohut (*Cicer arietinum* L.)’un Gelişme Seyrinin Belirlenmesi. *Journal of Agricultural Sciences*, 14 (4), 31– 73.
- Kendal, E., Tekdal, S., Aktaş, H., Karaman, M., Berekatoğlu, K., & Doğan, H. (2014). Biplot analizi kullanılarak yazlık arpa genotiplerinin verim ve verim unsurlarının belirlenmesi. *Trakya University Journal of Natural Sciences*, 15(2): 95-103, 2014
- Kendal, E. (2019). Comparing durum wheat cultivars by genotype× yield× trait and genotype× trait biplot method”. *Chilean journal of agricultural research*, 79(4), 512-522.
- Kendal, E. (2020). AMMI ve Biplot Teknikleri kullanılarak Diyarbakır şartlarına uygun arpa genotiplerinin belirlenmesi. *Dicle Üniversitesi Fen Bil. Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 27-42.
- Kendal, E., & Sayar, M. S. (2016). The stability of some spring triticale genotypes using biplot analysis. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 26(3), 754-765.
- Kendal, E., Tekdal, S., & Karaman, M. (2019). Proficiency of biplot methods (AMMI and GGE) in the appraisal of triticale genotypes in multiple environments. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(3):5995-6007.



- Kuo, H. I., Dai, H. Y., Wu, Y. P., & Tseng, Y. C. (2021), “ Germplasm evaluation for agronomic traits and disease resistance under a two-season cropping system in Taiwan”. *Agriculture*, 11(12), 1277.
- Mahmoud, M. W., Hussein, E., Aboelkassem, K. M., & Ibrahim, H. E. (2020), “Graphical presentation of some peanut genotypes by comparing two patterns of biplot analysis”. *Journal of Plant Production*, 11(8), 697-705.
- Nigam, S.N.; Aruna, R.(2008), “Improving breeding efficiency for early maturity in peanut”. *Plant Breed. Rev.* 2008, 30, 295–322.
- Oppong-Sekyere, D., Yintii, B. B., & Akolgo, L. A. (2019), “Assessment of selected landrace and improved groundnut (*Arachis hypogaea* L.) genotypes under stressed and non-stressed conditions”. *Journal of Experimental Agriculture International*, 40(1), 1-25.
- Oral, E., Kendal, E., & Dogan, Y. (2018). Selection the best barley genotypes to multi and special environments by AMMI and GGE biplot models. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(7), 5179-5187.
- Sirat, A., & Sezer, İ. (2017). Samsun ekolojik koşullarında bazı iki sıralı arpa (*Hordeum vulgare* conv. distichon) çeşitlerinin verim, verim unsurları ile bazı kalite özelliklerinin incelenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 6(1), 23-34.
- Yan, W.K. (2016). Analysis and handling of $G \times E$ in a practical breeding program. *Crop Sci.* 2016, 56, 2106–2118.
- Yan, W.K., Frégeau-Reid, J.(2008), Breeding line selection based on multiple traits. *Crop Sci.* 2008, 48.



BAZI NOHUT ÇEŞİTLERİNİN BİPLOT ANALİZ YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Prof. Dr. Enver KENDAL

Mardin Artuklu Üniversitesi, Kızıltepe Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Tarla
Bitkileri Bölümü, Türkiye, <https://orcid.org/0000-0002-8812-8847>

ÖZET

Bu çalışma, Diyarbakır ilinin Doğu Anadolu Bölgesi iklimi ile geçişin yapıldığı Hani İlçesinde 2025 yılında 11 adet nohut çeşidinin verim, verimle ilgili özellikleri ile kalite parametrelerinin belirlenmesi amacıyla Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Çalışmadan elde edilen veriler biplot analiz yöntemi ile değerlendirilmiştir. ÇÖ(Çeşit x Özellik) biplot tekniği ile tüm karakterler birlikte ele alınarak en uygun çeşit belirlenmiştir. ÇÖ biplot tekniğinde PC1 varyasyonun %20.23, PC2 ise %29.09 ve toplamda varyasyonun % 49.32'sini oluşturmuştur. Çalışmada kullanılan scatter plot biplot tekniğine göre tane verimi ile verim özellikleri olan Hİ, BTS, BDS, BBS ile kalite parametrelerinden 100 TS, Nişasta ve Karbonhidrat arasında pozitif, diğer verim özellikleri ile kalite özellikleri ile verim arasında negatif bir ilişki olduğu görülmüştür. Sektör analizinde toplamda altı oluşmuş, Seçkin ile İnci çeşitleri ilk sektörde, Aslanbey, Azkan Aksu ve Hasanbey çeşitleri ikinci sektörde, Caner, Ilc ve Çağatay çeşitleri 4. Sektörde, Diyar 95 ve Sezgin çeşitleri ise 6. Sektörde yer alırken 3. Ve 5. Sektörlerde herhangi bir çeşit yer almamıştır. Tüm özelliklerin ortalaması bakımından yapılan Ranking biplot analizinde Aslanbey çeşidinin hem en stabil hem de tüm özellikler bakımından yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Comparison yönteminde de Aslanbey çeşidi ideal merkeze göre en yakın çemberde konumlanarak en ideal çeşit olduğu teyit edilmiştir. Ayrıca Aksu, Azkan, Hasanbey ve İnci çeşitlerinin ikinci derecede tavsiye edilebileceği görülmektedir. ÇÖ Biplot analiz tekniği verilerin ortalamasına göre oluşturduğu grafikler ile sonuçların görsel olarak kolayca yorumlanabileceği bir teknik olduğunu kanıtlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Biplot, Nohut, çeşit, özellik, kalite.



EVALUATION OF SOME CHICKPEA VARIETIES USING BILOT ANALYSIS METHOD

ABSTRACT

This study was carried out in Hani District of Diyarbakır Province, where the climate of the Eastern Anatolia Region is transitional, in 2025. The data obtained from the study were evaluated using the Randomized Complete Block Design with three replications to determine the yield, yield-related traits, and quality parameters of 11 chickpea varieties. The data obtained from the study were evaluated using the biplot analysis method. The most suitable variety was determined by considering all traits together using the GT (Genotype x Trait) biplot technique. In the GT biplot technique, PC1 accounted for 20.23% of the variation, while PC2 accounted for 29.09% and 49.32% of the total variation. According to the scatter plot biplot technique used in the study, a positive relationship was observed between grain yield and the yield traits HI, BTS, BDS, BBS and the quality parameters 100 TS, Starch, and Carbohydrate, while a negative relationship was observed between other yield traits and quality traits and yield. A total of six sectors were formed in the sector analysis. The Seçkin and İnci varieties were in the first sector, the Aslanbey, Azkan, Aksu, and Hasanbey varieties were in the second sector, the Caner, Ilc, and Çağatay varieties were in the fourth sector, and the Diyar 95 and Sezgin varieties were in the sixth sector. No variety was found in sectors 3 and 5. A ranking biplot analysis based on the average of all traits determined that the Aslanbey variety was both the most stable and had the highest values across all traits. The comparison method confirmed that the Aslanbey variety was positioned in the closest circle to the ideal center, making it the most ideal variety. Furthermore, the Aksu, Azkan, Hasanbey, and İnci varieties are considered second-level recommendations. The ÇÖ biplot analysis technique, with its graphs based on the average of the data, has proven to be a technique that allows for easy visual interpretation of the results.

Key Words: Biplot, chickpea, variety, trait, quality.

1. GİRİŞ

Nohut, Güneydoğu Anadolu Bölgemizde en verimli yetiştiği en önemli kültür bitkilerindendir. Dünya’da 50’den fazla ülkede nohut üretimi yapılmakta olup, Türkiye yaklaşık olarak 395 bin ha alanda, 470 bin ton üretimi ile nohut yetiştirici ülkeler arasında dünyada önemli bir yer tutmaktadır (TUİK 2018). Diyarbakır ilimizde yıllık 86.405 da alanda nohut yetiştiriciliği



yapılmakta ve yıllık üretimi 8.526 ton civarındadır. Nohut yetiştiriciliğinde verim ve verim bileşenlerine etki eden çok sayıda çevresel ve genetik değişkenler bulunmaktadır. Agronomik uygulamalar arasında verimi etkileyen en önemli faktörün ekim zamanı olduğu, farklı ekim zamanlarında iklim faktörlerine bağlı olarak bitkilerdeki çiçeklenme, tohum bağlama ve verimin değişebildiği vurgulanmıştır (Kayan ve ark., 2014).

Tüm araştırmalarda olduğu gibi tarımsal araştırmalardan elde edilen verilerin değerlendirilmesinde de birçok istatistiksel model ve program kullanılmaktadır (Kendal, 2019). Önemli olan bu istatistiksel program ve modellerin araştırmacılar tarafından rahatlıkla kullanılabilmesini ve araştırmacıların doğru sonuçlara kısa yoldan kolayca ulaşabilmesini sağlamaktır. Ayrıca araştırmacıların kolaylıkla kullanıp yorumlayabilecekleri istatistiksel modelleri keşfedip bulmak ve bu modelleri araştırarak araştırmacıların hizmetine sunmaktır (Yan ve Frégeau-Reid, 2018). Bu nedenle araştırma konusu her zaman önemini ve güncelliğini korumaktadır. Araştırma, belirli bir konuda ilerleme kaydetmek, belirsizlikleri ve sorunları gidermek amacıyla bilimsel bir yöntem kapsamında veriler elde etmek ve bu verileri analiz ederek anlaşılır bir şekilde yorumlayarak konunun kaynağına katkıda bulunmaktır.

Araştırmalardan elde edilen verilerin sürekli olarak aynı yöntemlerle analiz edilmesi veya yorumlanması araştırmaların gelişmesini engellemektedir. Bu nedenle özellikle bilimin gelişmesi bazı yeni analiz yöntemlerinin de gelişmesine yol açmaktadır (Mahmoud vd., 2020). Araştırma sonuçlarının değerlendirilmesinde ve yorumlanmasında geliştirilen yeni analiz yöntemlerinin kullanılması, araştırma sonuçlarının önemini artırmaktadır. Araştırmacıların son dönemde özellikle bitki ıslahı ve çeşit uyumu araştırma sonuçlarının değerlendirilmesinde Bi-plot analiz tekniğini çokça uyguladıkları bir gerçektir (Kuo vd., 2021; Oppong-Sekyere vd., 2019).

Bi-plot birçok değerlendirme modeliyle araştırmacıların ilgisini çekmiş ve birçok araştırma sonucunu değerlendirmek için tercih edilmiştir (Nigam, 2008; Yan ve Frégeau-Reid, 2008). Bu modeller arasında en çok GT (Genotype x Trait) biplot modeli kullanılmaktadır. Bu model aynı zamanda genotiplerin özellik profillerini belirlemek için GGE (Genotip, Genotip x Çevre) biplotuna alternatif olarak da kullanılmaktadır (Yan, 2016). GT-biplot modelinde genotipler özelliklere göre çift yönlü olarak analiz edilir. Bunlardan biri genotiplerin özelliklere göre birbirlerinden farklılıklarını anlamak, ikincisi ise genotiplerin özelliklerle ilişkilerini anlamak için tasarlanmıştır. Yani genotipler tek bir özellik açısından değerlendirilebileceği gibi görsel olarak tüm özellikler açısından da değerlendirilebilir.



Bu amaçla tane veriminin değerlendirilmesinin yanında farklı lokasyonlarda gözlenen bazı özellikler ile kalite kriterlerine ait ortalama veriler de biplot analiz yöntemi ile değerlendirilmiştir. Ayrıca bu yöntemle verim ile özellikler arasındaki ilişkiler ile çeşitler ile özellikler arasındaki ilişkiler de incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Bu araştırma 2025 yılı üretim sezonunda Diyarbakır ili Hani ilçesine bağlı Uzunlar mahallesinde çiftçi tarlasında yürütülmüştür. Bu çalışmada bitki materyali olarak farklı kurumlar tarafından geliştirilen ve bölgede yetiştiriciliği yapılan Aksu, Aslanbey, Azkan, Caner, Çağatay, Diyar95, Hasanbey, Seçkin, Sezgin, İlc482 ve İnci çeşitleri kullanılmıştır.

Araştırmanın yürütüldüğü lokasyonun rakımı Diyarbakır'ın merkezine göre daha yüksek ve kışları daha soğuk yazları ise sıcak ve kurak geçmektedir. Toprak yapısı kıraç olup bünyesi tınlı yapıdadır. Araştırma Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Ekimde parsellerin uzunluğu 2 m eni 1.20 cm ve toplam=2.4m² büyüklüğünde, parseller 6 sıradan, sıra arası mesafe 20 cm, sıra üzeri mesafe 10 cm ve parseller arası mesafe 50 cm boşluk olacak şekilde ayarlanmıştır. Ekim 28.03.2024 tarihinde gerçekleşmiştir. Ekimden önce toprak işlenmiş ve toprak tava geldikten sonra parselizasyon yapılmış daha sonra iklimin uygun olduğu ve son donların tehlikesinin geçtiği bir günde birim alana atılacak tohum miktarı hesaplanarak ekim gerçekleştirilmiştir. Ekimden sonra yabancı ot kontrolü el yardımı ile yapılmıştır. Ekim sıklığı olarak her sıraya 15 adet tohum ekilecek denemelerde tüm parsellere ekimle beraber 10 kg/da DAP (%18 Azot, %44 P₂O₅) verilmiştir. Dönemsel olarak bitki çıkışları takip edilmiş ve gerekli gözlemler alınmıştır. Hasat uygun hasat döneminde elle yapılmıştır.

Araştırma; Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre yürütülmüş verim ve verim unsurları ile bazı kalite parametrelerinden elde edilen veriler veriler Genstat 14 paket programında analizleri yapılmış ve biplot analiz tekniği ile yorumlanmıştır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Araştırmada incelenen verim ve verim parametrelerine ait varyans analiz sonuçlarına göre bitkide dal sayısı ($p < 0.5$) hariç diğer parametreler bakımından çeşitler arasındaki fark istatistiki açıdan $p < 0.1$ seviyesinde önemli tespit edilmiştir. Tane verimi ve verim parametrelerinin aksine kalite parametrelerinde çeşitler arasındaki fark sadece nişasta oranı $p < 0.1$ seviyesinde önemli olduğu, diğer kalite parametreleri bakımından çeşitler arasındaki fark istatistiki anlamda



önemsiz olduğu anlaşılmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. İncelenen özelliklere ait varyans analiz sonuçları (Kareler ortalaması)

V.K.	S.D	Ç.T.	Ç.T.	B.B.	İ.B.Y.	B.D.S.	B.B.S.	B.T.S.	Verim	B.V.
..		(gün)	(gün)	(cm)	(cm)	(adet)	(adet)	(adet)	(kg/da)	(kg/da)
Çeşitler	10	7.92**	11.6 **	29.8**	11.9**	0.4*	89.5 **	184**	6871.5**	30344.2**
Tek.	2	9.91	0.03	1.85	0.4	0.21	2.8	16.6	71.0	107
Error	20	0.78	0.30	0.75	1.4	0.15	3.9	5.48	135.8	116.7
D.K(%)		4.46	0.96	1.83	5.6	10.4	6.9	6.21	4.5	3.6
V.K.	S.D	H.İ.	100 T.A	P.O.	Kül	Yağ	Sel.	Karb.	Lif	Nişasta
..		(%)	(g)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Çeşitler	10	13.34öd	76.44**	0.48öd	0.10öd	0.20 öd	0.11öd	1.75öd	0.21 öd	1.73öd
Tek.	2	0.71	0.68	0.041	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.42
Error	20	6.58	0.83	0.35	0.05	0.10	0.11	1.55	0.15	0.41
D.K(%)		3.3	2.21	2.6	7.5	4.9	7.9	2.1	2.9	1.4

*:p<0.05, **:p<0.01,öd: önemli değil, VK: varyasyon kaynakları, SD: serbestlik derecesi, Ç.T.: çıkış tarihi, Ç.T: çiçeklenme tarihi, BB: bitki boyu, İBY: ilk bakla yüksekliği, BDS: bitkide dal sayısı, BBS: bitkide bakla sayısı, BTS: baklada tane sayısı, 100 TA: yüz tane ağırlığı, TV: tane verimi, BV: biyolojik verim, Hİ: hasat indeksi, PO: protein oranı, Sel:selüloz, Karb: Karbonhidrat

Çizelge 2. Çalışmada tane verimi ve verim parametrelerine ait veriler ve oluşan gruplar

Çeşitler	Ç.T. (gün)	Ç.T. (gün)	B.B. (cm)	İ.B.Y (cm)	B.D.S. (ad./bit.)	B.B.S. (ad./bit.)	B.T.S. (ad./bak.)	Verim (kg/da)	B.V. (kg/da)	H.İ. (%)
Aksu	18.0d	55.7c	45.7d	20.3bd	3.7a	32.0b	45.0a	276.0d	357.8c	77.2
Aslanbey	18.7cd	55.7c	50.3ab	20.7bd	4.0a	35.0ab	47.3a	329.9a	43.2f	78.9
Azkan	19.3bd	56.0bc	45.3de	19.3d	4.0a	33.3ab	43.7ab	190.0f	250.1e	76.0
Caner	18.7cd	54.0d	46.0d	21.3bc	3.7a	27.0c	33.3d	283.4cd	374.7bc	75.6
Çağatay	24.0a	56.3bc	41.7f	20.7bd	3.7a	23.3de	29.7de	296.7bc	394.7a	75.2
Diyar 95	20.0bc	56.7b	48.7c	19.3d	3.0b	21.3e	26.0e	190.1f	255.7e	74.3
Hasanbey	20.0bc	56.7b	50.0bc	22.0b	4.0a	32.3b	40.7bc	289.8bd	382.5ab	75.8
İlc 482	19.0cd	56.7b	44.0e	19.3d	3.7a	25.0cd	38.0c	227.7e	287.5d	79.2
İnci	20.0bc	54.0d	50.0bc	20.7bd	3.7a	27.7c	38.0c	306.8b	377.1ab	81.4
Seçkin	20.7b	60.0a	51.7a	26.3a	4.0a	36.3a	46.3a	230.6e	304.3d	75.8
Sezgin	18.7cd	60.0a	45.3de	20.0cd	3.0b	21.3e	26.3e	226.9e	297.5d	76.3
AÖF(0.05)	1.5	0.9	1.8	2.0	0.6	3.5	4.0	19.6	18.4	4.5

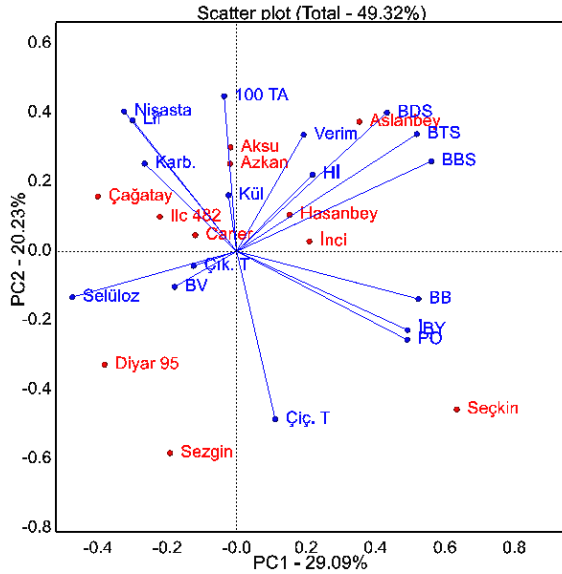
Araştırmada kullanılan çeşitler ile incelenen özellikler arasındaki ilişkiler

Biplot tekniği ile araştırmada kullanılan çeşitler ile incelenen özellikler arasındaki ilişkiler görsel olarak farklı açılardan grafiklerle incelenebilmektedir (Şekil 1, 2, 3, 4). GT biplot tekniği, incelenen varyasyon kaynaklarını iki yönlü olarak incelememizi kolaylaştırmaktadır. Bir yandan incelenen özellikler arasındaki ilişki, öbür taraftan ise genotipler ile özellikler arasındaki ilişki açıklanmaktadır. İki özelliğe ait vektörler arasındaki açı değeri ($>0^{\circ}$ -- $<90^{\circ}$) daraldıkça özellikler arasındaki ilişki pozitif, açı değeri (90° -- $<180^{\circ}$) arttıkça negatif bir ilişki olduğunu göstermektedir (Kendal ve ark., 2016; Kendal ve Sayar, 2016; Güngör, 2024). Ayrıca grafik üzerinde gösterilen genotiplerin bulundukları konumlarına ve özelliklere olan uzaklık ve yakınlıklarına göre hangi genotipin hangi özellikler bakımından yüksek veya düşük değerlere

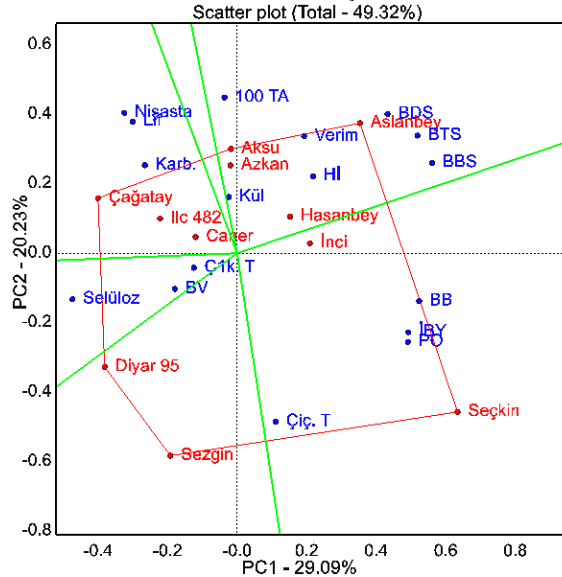


sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 1). Genotipler grafik üzerinde merkeze yakın bölgelerde konumlanmaları durumunda tüm özellikler bakımından tatminkâr, merkezden uzak ve herhangi bir özelliğe yakın bir bölgede konumlanmış ise ilgili özellik bakımından yüksek değerlere sahip olduğu ve ilgili genotip ilgili özellik bakımından değerlendirilebileceği veya elenebileceğini göstermektedir (Kendal, 2019; Güngör, 2024). Bu açıklamalara göre yapılan analizde iki boyutlu PCA skoru sırasıyla PC1 %29.09 ve PC2 %2.23'lik bir payını oluşturmuştur. Scatter plot biplot tekniğine göre tane verimi ile verim özellikleri olan Hİ, BTS, BDS, BBS ile kalite parametrelerinden 100 TS, Nişasta ve Karbonhidrat arasında pozitif, diğer verim özellikleri ile kalite özellikleri ile verim arasında negatif bir ilişki olduğu görülmüştür. Diğer taraftan çeşitler ile özellikler arasındaki ilişkiyi görmek mümkündür. Aslanbey, Aksu, Azkan ve Hasanbey gibi çeşitler özellikle Hİ, BTS, BDS, BBS ile kalite parametrelerinden 100 TS, Nişasta ve Karbonhidrat özellikleri bakımından yüksek değerlere sahip olduğunu Çağatay, Caner ve İlç çeşitlerinin daha çok nişasta, lif, selüloz, 100 tane ağırlığı ve kül parametreleri bakımından yüksek değerlere sahip olduğu ve ilişkilendirildiği, Diyar, Sezgin ve Seçkin çeşitleri çok az sayıda özellikle ilişkilendirildiği ve korelasyona girdiği görülmektedir. Görsel olarak hangi çeşidin hangi özellikler bakımından ön plana çıktığı rahatlıkla görülmekte ve tavsiyeleri kolaylaştırmaktadır.

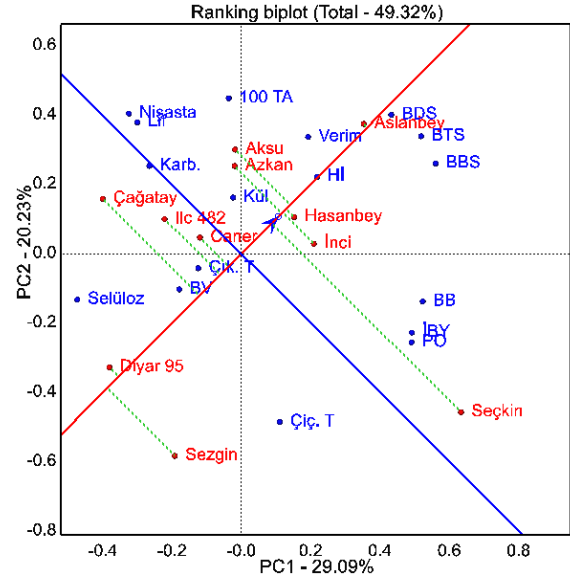
Mega-grup analizi ile özellikler gruplandırılabilen ve genotipler ilgili grup özellikleri ile olan yakınlıkları bakımından en uygun genotipler belirlenebilmektedir (Şekil 2). Yukarıdaki açıklamaya göre Seçkin ile İnci çeşitleri ilk sektörde yer almış ve çiçeklenme Tarihi, protein oranı ilk bakla yüksekliği ve bitki boyu özellikleri ile ilişkilendirilmiş, Aslanbey, Azkan Aksu ve Hasanbey çeşitleri ikinci sektörde yer almış ve Hİ, BTS, BDS, BBS ile kalite parametrelerinden 100 TS, ve kül ile ilişkilendirilmiş, Caner, İlç ve Çağatay çeşitleri 4. Sektörde yer almış ve nişasta lif, karbonhidrat, çıkış tarihi, biyolojik verim ve selüloz ile ilişkilendirilmiş, Diyar 95 ve Sezgin çeşitleri ise 6. Sektörde yer alırken hiçbir özellik ile ilişkilendirilmemiştir. Ayrıca 3. ve 5. Sektörlerde herhangi bir çeşit veya özellik yer almamıştır. Kısacası sektöre göre çeşitler ve özellikler arasındaki ilişkiler görülebilmekte ve hangi çeşit hangi özellikler bakımından yüksek değerlere sahip olduğu görülebilmekte böylece çeşit tavsiyesi daha rahat yapılabilir.



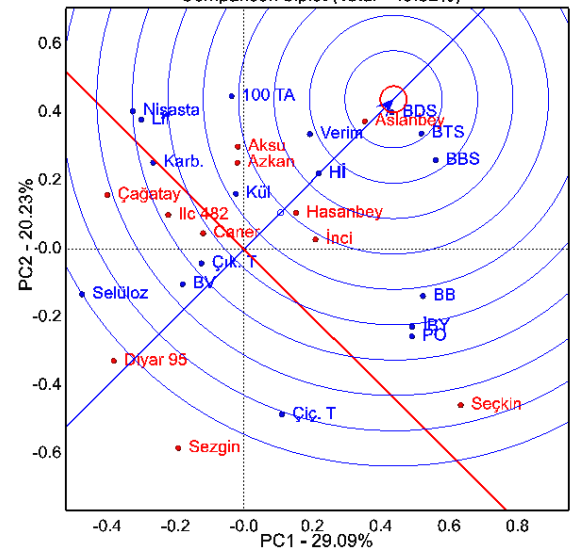
Şekil 1. Çeşitler ile özellikler ve özellikler arasındaki ilişki



Şekil 2. Çeşitler ile özelliklerin sektör analizi ve özelliklerin gruplandırılması



Şekil 3. Çeşitlerin özellikler bakımından stabilitesi



Şekil 4. Özellikler bakımından en ideal çeşidin belirlenmesi

Ranking biplot yöntemi, tüm özelliklerin ortalama değerleri kullanılarak bir grafik oluşturulmaktadır (Şekil 3). Bu grafik iki eğri (ok ile gösterilen dikey ve yatay eğri) ile açıklanmaktadır. Dikey eğri özelliklerin ortalamasını, ok ile gösterilen yatay eğri ise tüm özelliklerin ortalaması bakımından genotiplerin stabilitesini göstermektedir. Çeşitler stabilize eğrisine (ok ile gösterilen yatay eğri) olan uzaklık ve yakınlıklarına göre stabil durumları açıklanmaktadır. Eğer çeşitler eğrinin tam üzerinde ise tüm özellikler bakımından oldukça stabil olduğunu göstermektedir (Kendal, 2021, Kendal, 2022). Bu açıklamalara göre Aslanbey çeşidi bu çalışmada tüm özellikler bakımından en stabil çeşit olduğu görülmektedir. Ancak genotiplerin tüm özellikler bakımından stabil olmaları yetmez, bu genotiplerin aynı zamanda



ortalama eğrinin (dikey) üzerinde ve ilerde yer almaları istenir. Bu durumda Aksu, Azkan, Hasanbey, İnci ve Seçkin çeşitleri de tüm özelliklerin ortalama değerleri bakımından ortalama eğrinin ilerisinde yer alarak tercih edilebilecekleri görülmektedir. Ancak diğer çeşitler ortalama değerler bakımından ortalama eğrinin gerisinde kalarak zayıf olduklarını göstermektedir.

Comparison biplot grafiği özelliklere ait ortalama değerler kullanılarak bir ideal merkez ve dikey ortalama eğrisi oluşturulur (Şekil4). Genotipler ortalama dikey eğrinin altında konumlanmış ise bunlar öncelikli elenir. Genotipler ortalamanın üzerinde ideal merkeze yakın konumlanmış ise bunlar elverişli ve çeşit adayları olarak belirlenebilmektedir(Kendal, 2021; Kendal, 2022). Bu açıklamalara göre Aslanbey çeşidi bu çalışmada ideal merkezde yer aldığı için tüm özellikler bakımından en ideal çeşit olduğu görülmektedir. Ayrıca elverişli çeşitler ortalama eğrinin (dikey) üzerinde ve ilerde yer almaları istenir. Bu durumda Aksu, Azkan, Hasanbey, İnci ve Seçkin çeşitleri de tüm özelliklerin ortalama değerleri bakımından ortalama eğrinin ilerisinde yer alarak elverişli oldukları görülmektedir. Ancak diğer çeşitler ortalama değerler bakımından ortalama eğrinin gerisinde kalarak zayıf oldukları ve başta elenmeleri gerekli olduğunu göstermektedir. . Özellikle çok sayıda çeşidin kullanıldığı ve fazla özelliğin incelendiği araştırmalarda çeşitlerin performanslarını bu özelliklerin ortalamalarına göre yorumlarken sayısal ve istatistiksel rakamlara bakıp yapılan değerlendirmelerde bitki ıslahçıların yormakta ve çok fazla zamanlarını almaktadır. GT biplot tekniği görsel olarak birçok açıdan genotip ile özellikler arasındaki ilişkileri ile özelliklerin birbiri ile olan ilişkilerini yorumlamada bize oldukça kolaylık sağladığı için seleksiyonda rahatlıkla kullanılan faydalı bir teknik olduğu görülmektedir. Bu nedenle bu konuda yaptıkları araştırma sonuçlarında bu tekniğin faydalı olduğu birçok araştırmacı tarafından belirtilmiştir (Butnaru ve ark., 2014; Güngör ve ark., 2022; Ponomarev ve ark. 2018; Güngör, 2024; Kendal ve ark., 2019).

4. SONUÇLAR

Bu araştırma, onbir adet nohut çeşidi ile yapılan çalışmadan elde edilen veriler GT biplot tekniği ile analiz edilerek çeşit-özellik ilişkileri grafikler üzerinden incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre grafikler üzerinden yapılan değerlendirmelerde Aslanbey çeşidinin tüm özellikler bakımından en stabil genotip olduğu ve yüksek değerlere sahip olduğu için yazlık ekimlerde Diyarbakır' ın kuzey bölgelerine birinci dereceden tavsiye edilebileceği, Aksu, Azkan ve Hasanbey çeşitleri de yüksek değerlerinden dolayı 2. dereceden tavsiye edilebileceği, diğer çeşitlerin oldukça zayıf olduğu ve bu bölgelerde yetiştirilmemesi gerektiği, ancak kesin tavsiyeler için çalışmanın bir yıl daha tekrarlanması gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna



ilaveten GT biplot görsellerinin genotip x özellik ilişkilerini yorumlanmasında ıslahçılara oldukça kolaylık sağladığı sonucuna varılmıştır. Bu sonuçlara bakarak bu tekniğin diğer araştırmalarda da rahatlıkla kullanılabileceği önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Butnaru, G., Sarac, I., & Ciulca, S. (2014). Relationship among yield and plant specific traits on triticale Romanian varieties in Timisoara environment. *Communications in agricultural and applied biological sciences*, 79(4), 201-210.
- Güngör H. (2024). Optimizing Chickpea Yield: GGE Biplot Analysis of Sowing Seasons. *Int. J. Agric. Nat. Resour.* 51(2):127-139. 2024
- Güngör, H., Cakir, M. F., & Dumlupinar, Z. (2022). Evaluation of triticale: genotype by environment interaction and GGE biplot analysis. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 32(6), p1637.
- Kayan, N., Olgun, M., Kutlu, İ., Ayter, N., Gülmezoğlu, N. (2014). Sulanan ve Sulanmayan Koşullarda Yetiştirilen Nohut (*Cicer arietinum* L.)’un Gelişme Seyrinin Belirlenmesi. *Journal of Agricultural Sciences*, 14 (4), 31– 73.
- Kendal, E. (2019). Comparing durum wheat cultivars by genotype× yield× trait and genotype× trait biplot method”. *Chilean journal of agricultural research*, 79(4), 512-522.
- Kendal, E. (2021). Comparison of the spring Triticale candidate with common varieties. 3rd International Halich Congress on Multidisciplinary Scientific Research, Conference Proceedings Book, P:585-597, August 15–16, 2021.
- Kendal, E. (2022). Using Biplot Analysis Technique to Selection in Triticale Breeding Studies. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 32(1), 186-198.
- Kendal, E., & Sayar, M. S. (2016). The stability of some spring triticale genotypes using biplot analysis. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 26(3), 754-765.
- Kendal, E., Tekdal, S., & Karaman, M. (2019). Proficiency of biplot methods (AMMI and GGE) in the appraisal of triticale genotypes in multiple environments. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(3):5995-6007.
- Kuo, H. I., Dai, H. Y., Wu, Y. P., & Tseng, Y. C. (2021), “ Germplasm evaluation for agronomic traits and disease resistance under a two-season cropping system in Taiwan”. *Agriculture*, 11(12), 1277.
- Mahmoud, M. W., Hussein, E., Aboelkassem, K. M., & Ibrahim, H. E. (2020), “Graphical presentation of some peanut genotypes by comparing two patterns of biplot analysis”. *Journal of Plant Production*, 11(8), 697-705.
- Nigam, S.N.; Aruna, R.(2008), “Improving breeding efficiency for early maturity in peanut”. *Plant Breed. Rev.* 2008, 30, 295–322.



- Oppong-Sekyere, D., Yintii, B. B., & Akolgo, L. A. (2019), “Assessment of selected landrace and improved groundnut (*Arachis hypogaea* L.) genotypes under stressed and non-stressed conditions”. Journal of Experimental Agriculture International, 40(1), 1-25.
- TUİK. 2018. Tarım İstatistikleri, Ankara
- Yan, W.K. (2016). Analysis and handling of $G \times E$ in a practical breeding program. Crop Sci. 2016, 56, 2106–2118.
- Yan, W.K., Frégeau-Reid, J.(2008), Breeding line selection based on multiple traits. Crop Sci. 2008, 48.



BİYOLOJİK KONTROL YÖNTEMLERİ İLE SÜRDÜRÜLEBİLİR YABANCI OT YÖNETİMİ

Dr. Cemal TÜLEK

Iğdır Üniversitesi

hamidiye.1960@gmail.com - 0000-0003-3898-9646

Özet

Yabancı otlar, tarımsal üretimde verim kaybına ve ekonomik zarara yol açan başlıca sorunlardan biridir. Kimyasal mücadele yöntemleri yaygın olarak kullanılmakla birlikte, çevresel kaygılar ve sürdürülebilir tarım hedefleri, biyolojik kontrol yöntemlerinin önemini artırmaktadır. Biyolojik mücadele, fitofag veya fitopatojen doğal düşmanların kullanımıyla yabancı ot popülasyonlarını ekonomik zarar eşiğinin altında tutmayı amaçlayan çevre dostu ve sürdürülebilir bir yaklaşımdır. Bu çalışmada, biyolojik mücadele yöntemleri ve ajanları incelenmiştir. Yabancı otlarla biyolojik mücadelede dört temel yöntem öne çıkmaktadır: klasik biyolojik kontrol, kitle üretimi yöntemi, koruma ve destekleme yöntemi ve geniş spektrumlu yöntem. Klasik biyolojik kontrol, hedef türlere özgü monofag ajanların kullanımıyla uzun vadeli kontrol sağlar; kitle üretimi yöntemi, kısa süreli etkinlik için mikrobiyolojik herbisitler gibi ajanları kullanır; koruma ve destekleme yöntemi mevcut doğal düşman ilişkilerini destekler; geniş spektrumlu yöntem ise polifag organizmaların selektif kullanımına dayanır. Biyolojik kontrol ajanları arasında funguslar, mikroherbisitler ve omurgalılar etkin şekilde kullanılabilir. Bu ajanların doğru seçimi ve entegre zararlı yönetimi (IPM) ile birlikte uygulanması, hem ekonomik hem de çevresel açıdan sürdürülebilir çözümler sunmaktadır. Öneriler arasında, biyolojik ajanların kullanım potansiyelinin artırılması için araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin desteklenmesi, uygun ajanların tarla koşullarında uygulanabilirliğinin araştırılması, pestisitlerin bilinçli kullanımı ve biyolojik mücadelenin risklerinin sürekli izlenmesi yer almaktadır. Biyolojik kontrolün çeşitlendirilmesi, ekosistem etkilerinin titizlikle izlenmesi ve entegre yönetim stratejilerinin geliştirilmesi, tarımsal üretimde sürdürülebilirlik ve çevre koruma açısından kritik öneme sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Yabancı ot, biyolojik mücadele, doğal düşman, entegre zararlı yönetimi, mikroherbisit.

1.GİRİŞ

İnsanlığın tarımla uğraşmaya başlamasıyla birlikte yabancı ot sorunu da ortaya çıkmış ve günümüze kadar mücadele edilmesi gereken bir konu olmuştur. İstenmeyen yerde yetişerek faydadan çok zarar oluşturan bu bitkiler, herhangi bir biyotik etken tarafından baskılanmadıkları sürece bulundukları ortamda hızla egemenlik kurabilmektedir. Yerli ya da istilacı kökenli olsun, yabancı ot türleri tarım alanlarından mera ve sulak alanlara, parklardan arkeolojik bölgelere, spor sahalarından yol ve demiryolu kenarlarına kadar geniş bir yelpazede yayılım gösterebilmektedir. Tarımsal üretimde neden oldukları zarar, yetiştirilen ürün türüne



bağlı olarak %90'a kadar çıkabilmektedir (Lacey, 1985). Ekonomik kayıplar da dikkat çekicidir. Avustralya'da yabancı otların yol açtığı yıllık zarar ve mücadele maliyetlerinin 2,5–2,7 milyar Avustralya dolarına ulaştığı, Amerika Birleşik Devletleri'nde ise bu rakamın yılda yaklaşık 5 milyar dolar olduğu bildirilmektedir (Combella, 1987; Schneider, 1985). Tek bir yabancı ot türü dahi ekili alanlarda ana zararlı konumuna gelebilmekte ve diğer zararlı faktörlerden daha fazla kayıp yaratabilmektedir (Uygur, 2002). Örneğin Çukurova'da buğday tarımında yabancı yulaf (*Avena sterilis* L.) en önemli sorunlardan biridir. Geçmişte yabancı ot mücadelesi elle yolma, çapalama veya yakma yöntemleriyle yapılırken, II. Dünya Savaşı'ndan sonra kimyasal mücadele öne çıkmıştır. 1924 yılında Avustralya'da arsenik pentoksit, *Opuntia* türlerinin köklerine enjekte edilmiş ve daha sonra organik herbisitler geliştirilerek yaygın kullanıma girmiştir (Harley ve Forno, 1992). 2001 yılı EPA verilerine göre herbisitler, dünya genelinde kullanılan pestisitlerin %37'sini oluşturarak en yaygın grup olmuştur (Kiely ve ark., 2004). Türkiye'de de 1.500'den fazla yabancı ot türü tespit edilmiş olup (Uluğ ve ark., 1993). 2008 yılında en fazla tüketilen pestisit grubunu 5,5 bin ton ile herbisitler oluşturmuştur (Delen ve ark., 2010). Son yıllarda çevresel kaygılar, sürdürülebilir tarım hedefleri ve özellikle organik üretim sistemlerinde yabancı ot kontrolünün maliyetli oluşu, herbisitlere alternatif yöntemlerin önemini artırmıştır. Bu alternatifler arasında biyolojik mücadele, başarılı örnekleriyle uzun süredir bilinen ve giderek daha fazla önem kazanan bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Bu yöntemde fitofag (bitkiyle beslenen) veya fitopatojen (hastalık oluşturan) doğal düşmanlar kullanılmakta; amaç, yabancı otları tamamen ortadan kaldırmak değil, popülasyon ekolojisi ilkeleri doğrultusunda yoğunluklarını ekonomik zarar eşiğinin altında tutmaktır (DeBach, 1964). Bu bağlamda, biyolojik yabancı ot kontrolüne ilişkin mevcut yaklaşımların ve uygulamaların değerlendirilmesi, tarımsal üretimde çevresel ve ekonomik sürdürülebilirliğe katkı sağlayacak stratejilerin geliştirilmesi açısından önemlidir. Bu çalışma, biyolojik mücadele yöntemlerinin etkinliğini ve potansiyel kullanım alanlarını tartışmayı amaçlamaktadır.

2. BİYOLOJİK MÜCADELE YÖNTEMLERİNİN GÜÇLÜ VE ZAYIF YÖNLERİ

2.1. Avantajları

Çevre koruma açısından biyolojik mücadele, kimyasal mücadeleye karşı önemli ve sürdürülebilir bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Biyolojik mücadele, zararlı yönetim programlarında doğal düşmanların kullanımı olarak tanımlanabilir. Biyolojik mücadelenin etkinliği, doğal düşmanların başarısı ve zararlı popülasyonları üzerindeki etkileriyle belirlenir. Son yıllarda biyolojik mücadele giderek daha fazla uygulanmaya başlanmış, elde edilen sonuçlar doğal düşmanların etkili ve sürdürülebilir bir mücadele aracı olduğunu göstermiştir.



Ayrıca biyolojik mücadele uygulamaları, çevrede yapısal değişiklikler gibi istenmeyen değişiklikler gerektirmediği ve uygulama koşullarında olumsuz değişimlere yol açmadığı için, bölgede uzun süre devam ettirilebilir. Biyolojik mücadele dikkatli ve uygun şekilde uygulandığında neredeyse hiçbir zararlı yan etkiye sahip değildir ve bu nedenle, çevre dostu ve sürdürülebilirlik açısından başka hiçbir mücadele yöntemi bu kadar avantajlı değildir. Dahası, biyolojik mücadele dış girdilere bağımlı olmadığından, kimyasal mücadele yöntemlerine umut verici bir alternatif olarak görülmektedir. Biyolojik mücadelenin en önemli avantajı, doğal düşmanların yerleşip zararlı popülasyonu ile dengeye ulaştığında kalıcı bir çözüm sağlamasıdır. Ayrıca çevre kirliliğine yol açmayan doğal bir yöntemdir. Bunun yanında, kimyasal yöntemlerde sıkça görülen zararlıların direnç geliştirmesini de engeller. Bir diğer avantajı ise uzun vadede maliyet açısından daha ekonomik olmasıdır; çünkü doğal düşmanlar bir kez yerleştikten sonra ek bir girdiye ihtiyaç duymadan faaliyetlerini sürdürürler.

2.2. Dezavantajları

Biyolojik mücadelenin de bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. En önemli dezavantajı, genellikle etkili hale gelmesinin uzun bir zaman almasıdır; çünkü ortama salınan faydalı canlıların yerleşip yeni çevreye uyum sağlaması zaman gerektirir. Ayrıca biyolojik mücadelenin etkinliği ekolojik koşullara bağlı olarak değişebilir ve bazen tek başına yeterli kontrol sağlayamayabilir. Bir diğer dezavantaj ise, faydalı canlılar doğaya salındıktan sonra, istenmeyen etkiler göstermeye başlarsa kolayca ortadan kaldırılamamalarıdır. Bunun yanında, doğal düşmanların araştırılması, tanımlanması ve üretim maliyetleri de bazen yüksek olabilmektedir.

2. YABANCI OTLARLA BİYOLOJİK MÜCADELE YÖNTEMLERİ

2.1. Klasik Biyolojik Kontrol Yöntemi

Klasik biyolojik kontrol, hedef yabancı ot türüne özgü monofag doğal düşmanların kullanıldığı bir yaklaşımdır ve agroekosistemde uzun dönemli kontrol sağlar. Bu yöntemin temel ilkesi, doğal düşmanın kendi doğal yayılım alanından alınarak, toplu üretimden sonra kontrol edilecek alana salınmasıdır. Yabancı ot türleri bir agro-coğrafik bölgeden başka bir bölgeye taşındığında, genellikle onları baskı altında tutan doğal düşmanlarını geride bırakır. Yeni ekosistemde doğal düşmanlar yoksa, yabancı ot popülasyonu hızla artar ve geniş alanlara yayılır. Bu durum, klasik biyolojik kontrol uygulamalarının yüksek başarıyla sonuçlanmasını sağlar.

2.2. Kitle Üretimi Yöntemi

Kitle üretimi yöntemi, popülasyon yoğunluğunu geçici olarak artırmayı hedefler ve monofag doğal düşmanların kullanılmasını gerektirir. Teknolojiye dayalı bu yöntem, kısa süreli etkinlik sağlar. Doğal düşmanlar özel üretim tesislerinde çoğaltılır ve sahaya salınır; uygulamaların her sezon tekrarlanması gerekir. Bu yöntemin önemli bir uygulama örneği, mantar kaynaklı mikrobiyolojik herbisitlerdir. Bu ajanlar yaprak veya toprağa kimyasal herbisitler gibi uygulanabilir, yapay bir salgın oluşturarak bitki popülasyonunu azaltır ve etkinlikleri çevresel koşullardan büyük ölçüde etkilenir.



2.3. Koruma ve destekleme Yöntemi

Yabancı otlar doğal ekosistemlerde genellikle doğal düşmanlarıyla dengededir. Benzer şekilde, yeni ekosistemlere taşınan yabancı otlar zamanla bazı doğal düşmanları barındırabilir. Hem yerli hem de yabancı ot türlerinde biyolojik kontrol, mevcut yabancı ot-doğal düşman ilişkisini koruyarak ve destekleyerek sağlanabilir. Bu yaklaşım, koruma ve destekleme yöntemi olarak adlandırılır. Ayrıca, klasik yöntemle getirilen doğal düşmanların hedef dışı türlere zarar verme riski yüksek olduğundan, bu yaklaşım ekolojik güvenlik açısından avantaj sağlar. Türkiye’de yabancı ot biyolojik kontrolü üzerine yapılan çalışmaların büyük çoğunluğu bu yöntemle yürütülmüştür ve dünya genelinde de başarılı uygulama örnekleri mevcuttur. Örneğin, Sheldon ve Creed Jr. (2003), *Euhrychiopsis lecontei* (Dietz) adlı kurculionid böceğin yalnızca yabancı sucul ot *Myriophyllum spicatum* üzerinde değil, ABD’deki diğer yerli *Myriophyllum* türlerinde de etkili olduğunu rapor etmiştir.

2.4. Geniş Spektrumlu Yöntem

Geniş spektrumlu yöntem, polifag doğal düşmanların, özellikle otlaticıların kullanımına dayanır. Teknoloji temelli bu yaklaşım kısa vadeli kontrol sağlar ve küçük alanlarda az sayıda ajan ile uygulanabilir. Bu yöntemde koyun, kaz, balık veya salyangoz gibi polifag organizmalar biyolojik kontrol ajanı olarak kullanılabilir.

3.YABANCI OTLARIN BİYOLOJİK KONTROLÜNDE KULLANILAN AJANLAR

ABD’de yabancı otların biyolojik kontrolü, 1902 yılında Meksika’dan getirilen sekiz böcek türüyle *Lantana spp.*’nin Hawaii’deki mücadelesi ile başlamıştır. *Lantana spp.*, Orta Amerika’ya özgü çok yıllık çalimsı bir bitki olup, dünya genelinde süs bitkisi olarak kullanılmaktadır (Huffaker, 1964). Erken biyolojik kontrol çalışmalarında genellikle tohum, gövde ve köklerde delik açan böcekler tercih edilmiştir. Bu delici böcekler, konukçu spesifikliğine sahip olmalarının yanı sıra, bakterilerin ve fungusların sekonder bulaşmasını da destekler. İlk dönem çalışmalarda çiçeklerde zarar yapan ajanlar üzerinde yoğunlaşmış; ancak yaprak yiyici böceklerin de güvenli ve etkili olabileceği deneylerle gösterilmiştir. Günümüzde, yabancı otların biyolojik mücadelesinde böceklerin yanı sıra farklı organizmalar da kullanılmaktadır (Andres, 1966).

3.1. Böceklerle Yabancı Ot Kontrolü

Böcekler aracılığıyla yabancı otların biyolojik kontrolüne dair en bilinen örneklerden biri, Avustralya’da süs bitkisi olarak yetiştirilen *Opuntia spp.*’nin kontrolüdür (Holloway, 1964). *Opuntia vulgaris*’in kontrolü amacıyla, *Dactylopius ceylonicus* 1795’te Brezilya’dan Kuzey Hindistan’a getirilmiş ve başarılı kontrol sağlanmıştır. Aynı başarı 1836’da Güney Hindistan’a, 1865’te Sri Lanka’ya da bu böceğin taşınmasıyla elde edilmiştir (Goeden, 1988). Araştırmalar, *Opuntia* türlerine özgü böcekleri belirlemiş ve Arjantin’den ithal edilen *Cactoblastis cactorum* Berg’in çok etkili olduğu tespit edilmiştir. Başka bir chrysomelid böcek, 1965’te Arjantin’den Florida’ya getirilmiş ve 1960’a kadar ABD’nin güneyinde 28.350 ha alana yayılmış olan



Alternanthera philoxeroides'in kontrolünde kullanılmıştır (Zimdahl, 1993). *Carduus nutans*'ın kontrolü için 1968'de Kanada'ya, 1969'da Batı Virginia'ya Almanya'dan ithal edilen *Rhinocyllus conicus* Froelich erginleri salınmıştır. Bu böcekler, çiçek braktelerinde yumurta bırakıp larvalarının tohum tablasında delik açması yoluyla tohum üretimini kısmen veya tamamen engelleyerek kontrol sağlamıştır. İki yıllık *C. nutans*'ın tohum üretiminin engellenmesi, biyolojik kontrol açısından kritik öneme sahiptir. *R. conicus* kullanımı, meralarda ek bitki rekabeti ile birlikte %90 başarı sağlamış, ancak tam kontrol elde edilememiştir (Zimdahl, 1993).

3.2.Funguslarla Yabancı Ot Kontrolü

Fungal ajanlarla biyolojik kontrolde iki temel strateji vardır: klasik ve bioherbisit yöntemleri. Klasik yöntem, ekolojik bir yaklaşım olup, fungusun bir bölgeye ithal edilmesi, küçük çapta çoğaltılması ve salınması şeklinde uygulanır. Bunun en bilinen örneği, Avustralya'da buğday tarlalarında sorun yaratan *Chondrilla juncea* L.'nin kontrolünde *Puccinia chondrillina*'nın kullanılmasıdır (Cullen, 1976). Aynı fungus, ABD'nin batı bölgelerine de taşınarak *C. juncea* kontrolünde kullanılmıştır. Ayrıca, *Puccinia xanthii*'nin *Xanthium strumarium* üzerinde biyolojik kontrol potansiyeli rapor edilmiştir (Julien ve ark., 1979).

Türkiye'nin doğal florası, çeşitli yabancı otların biyolojik kontrolünde kullanılabilecek funguslar açısından zengin bir kaynak teşkil etmektedir (Rosenthal ve ark., 1994). Örneğin, Türkiye'den götürülen *Puccinia carduorum* ile *C. nutans* (Bruckart ve ark., 1985) ve *P. chondrillina* ile *C. juncea* (Chaboudez, 1994) üzerinde biyolojik kontrol çalışmaları yapılmıştır. *P. chondrillina*'nın Türkiye'de varlığı 1940'tan beri bilinmektedir (Göbelez, 1963).

3.3.Mikroherbisitler Üzerine Araştırmalar

Yabancı otların gelişimini engelleyen veya öldüren fungal bitki patojenleri, mikroherbisit olarak adlandırılır (Templeton ve ark., 1979). Mikroherbisitlerle kontrol, bir fungal bitki patojeninin yabancı ot popülasyonuna uygulanması ve popülasyonun ekonomik zarar seviyesinin altına düşürülmesi veya bu seviyede tutulması şeklinde gerçekleştirilir (Greaves, 1991). Hem yerli hem de yabancı kökenli funguslar mikroherbisit olarak kullanılabilir ve yıllık ürünlerdeki yabancı ot kontrolünde büyük potansiyele sahiptir. Klasik biyolojik kontrol genellikle yavaş ilerler ve zararlıyı ekonomik eşik altına düşürmeyebilir. Mikroherbisitler, meyve bahçelerindeki çok yıllık yabancı otlara (Ridings ve ark., 1976) ve herbisit kullanımının sınırlı olduğu su ve meralardaki yabancı otlara karşı etkili potansiyele sahiptir (Williams, 1979).

3.4. Balıklarla Yabancı Ot Kontrolü

Ctenopharyngodon idella Valenciennes, Sovyetler Birliği ve Çin'in Amur Nehri'nde doğal olarak *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle ve diğer su bitkileri ile beslenen bir türdür. Bu balık, geniş ve hızlı akan su alanlarında çoğalır ve hem sucul bitki örtüsünü hem de kara vejetasyonunu tüketebilir. Bazı çalışmalarda, doğal üreme potansiyeli nedeniyle *C. idella*'nın kontrollü olarak kısır bireylerinin üretimi gerçekleştirilmiştir (Klingman ve ark., 1982). Steril



balıkların kullanımı, ekosisteme zarar riskini azaltmakta ve gıda kaynağı olarak ek fayda sağlamaktadır.

3.5. Suda Yaşayan Memelilerle Yabancı Ot Kontrolü

Typha spp. ve *Eichhornia crassipes* gibi sucul vejetasyonlarla beslenen *Trichechus spp.*, Florida’da üç hafta içinde bir su yolunun kanal ve kenarlarını temizleyebilmiştir (Zimdahl, 1993).

3.6. Omurgalılarla Yabancı Ot Kontrolü

Çiftlik hayvanlarının biyolojik kontrolde kullanımı, hem hayvan beslenmesine katkıda bulunur hem de istenmeyen türlerin vejetasyondan azalmasını sağlar. Koyunlar, bir yıllık buğdaygıl ve otsu dikotiledon türlerinde etkili bir kontrol sağlar. Sığırlar, bazı odunsu bitkilerin yeni sürgünlerini tüketerek kontrolü desteklerken; keçiler, çalimsı ve odunsu türlerde en başarılı ajanlardır (Koç ve Gökkuş, 1993). Kaz, ördek ve tavuklar, çilek, ahududu ve bazı sebzelerde ürünlere zarar vermeden dar ve geniş yapraklı yabancı otların kontrolünde kullanılabilir. Tavuk ve kazlar, *Cyperus spp.*’yi seçici olarak kontrol edebilir; ördekler ise küçük havuzlardaki *Lemna spp.*’yi etkili biçimde kontrol ederken, kazlar geniş yapraklı sulak alan bitkilerinde selektif kontrol sağlar (Conley ve Peterson, 1957; Klingman ve ark., 1982).

4.SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, yabancı otlarla mücadelede biyolojik kontrol yöntemlerinin etkinliği, avantajları ve potansiyel kullanım alanları kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Tarımsal üretimde yabancı otların yol açtığı ekonomik kayıplar ve çevresel etkiler göz önüne alındığında, biyolojik mücadele, kimyasal yöntemlere alternatif olarak giderek önem kazanmaktadır. Bu yöntem, fitofag veya fitopatojen doğal düşmanlar aracılığıyla yabancı ot popülasyonlarını ekonomik zarar eşiğinin altında tutmayı hedefler.

Biyolojik kontrolün avantajları arasında çevre dostu olması, doğal düşmanların kalıcı etkisi, kimyasal girdilere bağımlılığın azalması ve uzun vadede maliyet etkinliği öne çıkmaktadır. Ayrıca biyolojik ajanlar konukçularına özgüdür ve yalnızca hedef yabancı otlarla mücadele sağlar. Dezavantajlar ise etkinliğin ekolojik koşullara bağlı değişkenliği, doğal düşmanların adaptasyon süresi ve araştırma ile üretim maliyetlerinin yüksek olmasıdır.

Yabancı otlarla biyolojik mücadelede dört temel yöntem belirlenmiştir:

Klasik biyolojik kontrol: Hedef türlere özgü monofag ajanların doğal yayılım alanlarından getirildiği ve uzun vadeli kontrol sağladığı yöntemdir.

Kitle üretimi yöntemi: Popülasyonu geçici olarak artırmayı ve kısa süreli etkinlik sağlamayı hedefler; mikrobiyolojik herbisitler bu yöntemin önemli bir uygulamasıdır.



Koruma ve destekleme yöntemi: Mevcut yabancı ot–doğal düşman ilişkisini koruyarak ve destekleyerek ekolojik güvenliği ön planda tutar.

Geniş spektrumlu yöntem: Polifag organizmaların kullanıldığı, küçük alanlarda kısa vadeli kontrol sağlayan yöntemdir.

Biyolojik kontrol ajanları açısından, böcekler (*Opuntia* spp., *Alternanthera philoxeroides*), funguslar ve mikroherbisitler, hem yıllık ürünlerde hem de meyve bahçeleri ve sucul alanlarda başarılı sonuçlar vermektedir. Omurgalılar, özellikle selektif kontrol gereken durumlarda uygulanabilir; örneğin *Ctenopharyngodon idella* steril bireyleri ile sucul bitkiler kontrol edilirken, kaz, ördek ve tavuklar tarla ve bahçelerde dar ve geniş yapraklı yabancı otların selektif kontrolünde etkili olmaktadır. Biyolojik mücadelenin etkinliği artırılmak isteniyorsa, entegre zararlı yönetimi (IPM) yaklaşımıyla biyolojik kontrol ajanları ve gerekli durumlarda kimyasal mücadele bir arada kullanılabilir. Bu yaklaşım, hem ekonomik hem de çevresel açıdan sürdürülebilir bir çözüm sunar. Ayrıca yeni yabancı ot türlerinin ülkeye girişinin engellenmesi için karantina önlemleri titizlikle uygulanmalı, biyolojik kontrol ajanlarının uluslararası standartlara uygun laboratuvar ve açık alan testleriyle güvenliği sağlanmalıdır.

Öneriler:

- Biyolojik kontrol ajanlarının kullanım potansiyelinin artırılması için araştırma ve geliştirme faaliyetleri desteklenmelidir.
- Ülkemizde biyolojik kontrol için uygun fungus ve böcek türlerinin tarla koşullarında uygulanabilirliği araştırılmalıdır.
- Biyolojik ajanların kullanımı sırasında pestisitlerin bilinçli ve sınırlı kullanımı sağlanmalıdır.
- Tarım uygulayıcıları ve araştırmacıları, biyolojik mücadelenin risklerini ve ekosistem etkilerini sürekli izlemeli ve eğitim programları ile bilgi seviyelerini artırmalıdır.

Sonuç olarak, biyolojik kontrol yöntemleri doğru planlama ve ajan seçimi ile tarımsal üretimde sürdürülebilirliği destekleyen, çevre dostu ve ekonomik bir mücadele aracı olarak değerlendirilmektedir. biyolojik mücadele uygulamalarının çeşitlendirilmesi, ekosistem etkilerinin dikkatle izlenmesi ve entegre yönetim stratejilerinin geliştirilmesinin önemini vurgulamaktadır.

KAYNAKÇA

Lacey, A. j., 1985. Weed Control. In Pesticide application: principles and practice, P.T. Haskell (ed),456-85. Oxford: Oxsford University Press.

Combella, J.H., 1987. Weeds in cropping-their cost to the Australian economy. Plant Protection Quarterly, 2:2



Uygur, F. N., 2002. Bitki yabancı otlar ve biyolojik mücadele. Türkiye 5. Biyolojik Mücadele Kongresi, Atatürk Üniversitesi, 4-7 Eylül, Erzurum-Türkiye, s: 49-60.

Harley, K.L.S. and I.W. Forno, 1992. Biological Control of Weeds, a Handbook for Practitioners and Students, Melbourne, Inkata Press. 74 p.

Kiely, T., Donaldson, D. and A. Grube, 2004. Pesticides Industry Sales and Usage: 200 and 2001 Market Estimates. U.S. Environmental Protection Agency, Washington DC 200460 /U.S.A.

Uluğ, E., Kadioğlu, İ. ve İ. Üremiş, 1993. Türkiye'nin yabancı otları ve bazı özellikleri. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Adana, Yayın No: 78, 513 s.

Delen, N., Kınay, P., Yıldız, F., Yıldız, M., Altınok, H. ve Z. Uçkun, 2010. Türkiye tarımında kimyasal savaşımın durumu ve entegre savaşım olanakları. Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, s: 609-625.

DeBach, P., 1964. Successes, trends and future possibilities. In Biological Control of Insect Pests and Weeds (Eds. P. DeBach and E.I. Schlinger), 673-713.

Sheldon, S.P. and R. P. Creed, 2003. The effect of a native biological control agent for Eurasian watermilfoil on six North American watermilfoils. Aquatic Botany 76: 259-265

Huffaker, C. B., 1964. Fundamentals of biological weed control. In "Biological Control of Insect Pest and Weeds" P. DeBach (ed.), Chapman and Hall, London, 631-649.

Andres, L. A., 1966. The role of biological agents in the control of weeds. Symp. On pest control by chemical, biological, genetic, and physical means, ARS Pub. No. 33-100: 75-82.

Holloway, J. K., 1964. Projects in biological control of weeds. In "Biological Control of Insect Pest and Weeds" P. DeBach (ed.), Chapman and Hall, London, 650-670.

Goeden, R. D., 1988. A capsule history of biological control of weeds. Biocontrol News and Information 9: 55-61.

Zimdahl, R. L., 1993. Fundamentals of Weed Science. Academic Pres, Inc., New York, 191-205.

Cullen, J. M., 1976. Evaluating the Success of the Programme for the Biological Control of Chondrilla juncea L. In proc. IV. Int. Symp. Biol. Control of Weeds (Ed: T.E. Freeman), Gainesville, Univ. Florida, 117 121.

Julien, M. H., J. E. Broadbent, N. C. Matthews, 1979. Effects of Puccinia xanthii on Xanthium strumarium (Compositae), Entomophaga, 24: 29-34.



- Rosenthal, S. S., T. Davarcy, A. Erciş, B. Platts, S. Tait, 1994. Turkish herbivores and pathogens associated with some knapweeds (Asteraceae: Centaurea and Acroptilon) that are weeds in the United States. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 96: 162-175.
- Bruckart, W. L., D. J. Politis, E. M. Sutker, 1985. Susceptibility of *Cynara scolymus* (Artichoke) to *Puccinia carduorum* observed under greenhouse conditions. *Proc. VI. Int. Symp. Biol. Contr. Weeds* (19-25 August 1984, Canada), 603-607.
- Göbelez, M., 1963. La mycoflore de Turquie. I. *Mycopathologia et Mycologia Applicata*, 19 (2): 296-314.
- Templeton, G. E., D. O. Te Beest, R. J. Jr. Smith, 1979. Biological weed control with mycoherbicides. *Ann. Rev. Phytopathol.* 17, 301-310.
- Greaves, M. P., 1991. Integration of Biological Control Agents With Chemical Pesticides. In: Te Beest, D.O., *Microbial Control of Weeds*, Chapman und Hall, London, 189-208.
- Ridings, W. H., D. J. Mitchell, C. L. Shoulties, N. E. El-Ghell, 1976. Biological control of milkweed vine in Florida citrus groves with a pathotype of *Phytophthora citrophthora*. In *Proc. IV Int. Symp. Biol. Control of Weeds*, ed. T.E. Freeman, 224-240.
- Williams, P. H., 1979. Vegetable Crop Protection in the People's Republic of China. *Ann. Rev. Phytopathol.*, 17: 311-324.
- Klingman, G. C., F. M. Ashton, L. J. Noordhoff, 1982. *Weed Science: Principles and Practices* Second Edition. John Wiley and Sons, Inc., 448.
- Koç, A., A. Gökkuş, 1993. Hayvan otlatılarak mer'alardaki yabancı otlarla mücadele. *Atatürk Ü. Zir. Fak. Der.*, 24 (2): 133-141.
- Conley, J.M., I.L. Peterson, 1957. Use of geese for grass control. *California Agriculture*, 11, 12.



ÇAYIR VE MERALARDA YABANCI OTLARIN ZARARLARI VE MÜCADELE YÖNTEMLERİ

Dr. Cemal TÜLEK

İğdır Üniversitesi

hamidiye.1960@gmail.com - 0000-0003-3898-9646

ÖZET

Çayır ve meralar, hayvancılık için temel yem kaynağı olmasının yanı sıra arıcılık, erozyon kontrolü, karbon döngüsü ve biyolojik çeşitliliğin korunması gibi önemli ekosistem hizmetleri sunmaktadır. Ancak erken ve yoğun otlatma, düzensiz kullanım ve çevresel baskılar bu alanların bozulmasına yol açmaktadır. Değerli yem bitkilerinin azalması veya yok olması, düşük kaliteli, dikenli ve toksik yabancı otların yayılmasını kolaylaştırmaktadır. Yabancı ot istilası; yem verimi ve kalitesinde azalma, hayvan sağlığında toksik etkiler, fiziksel zararlar ve süt, et, yün gibi ürünlerde kalite kaybı ile ekonomik zararlar oluşturmaktadır. Ayrıca, *Cuscuta spp.* ve *Orobancha spp.* gibi parazit bitkiler ile dikenli türler, meraların etkin kullanımını sınırlamakta ve yenileme ihtiyacını artırmaktadır. Tek yönlü mücadele yöntemleri genellikle yetersiz kalmaktadır; bu nedenle entegre yabancı ot yönetimi önem kazanmaktadır. Uygun otlatma planları, tür kompozisyonunun korunması, toprak işleme ve drenaj, pH düzenlemeleri, mekanik yöntemler (biçme, kökleme, budama), hayvan türlerinin otlatmadaki seçiciliği, biyolojik mücadele stratejileri (biyoherbisitler, doğal patojenler) ve gerektiğinde mera yenileme uygulamaları birlikte değerlendirildiğinde hem yem verimi artırılmakta hem de ekolojik denge korunmaktadır. Sonuç olarak, yabancı ot istilası çayır ve meralarda yalnızca verim kaybına değil, ekolojik, ekonomik ve hayvansal üretim açısından çok yönlü bir tehdide işaret etmektedir. Sürdürülebilir mera yönetimi için ekosistem temelli, entegre ve uzun vadeli stratejilerin benimsenmesi zorunludur.

Anahtar kelimeler: Çayır ve mera, Yabancı ot istilası, Entegre yabancı ot yönetimi, Mera yenileme, sürdürülebilir mera yönetimi



1.GİRİŞ

Çayır ve meralar, tarımsal üretim potansiyeli ve hayvan beslenmesi açısından temel yem kaynağı olmasının yanı sıra, arıcılık faaliyetleri (Altın ve ark., 2005; Ertuş, 2019) ve su ile rüzgâr erozyonunun kontrolünde de önemli rol oynamaktadır (Gençkan, 1985). Bu alanlar, korunmuş ve iyi yönetilen durumlarda yabancı otlardan büyük ölçüde arındırılmıştır; yabancı otlar ya hiç bulunmaz ya da çok düşük yoğunlukta yer alır, dolayısıyla çoğalma eğilimleri sınırlıdır (Balabanlı ve ark., 2006). Ancak, çayır ve meraların aşırı veya kontrolsüz (erken veya yoğun) otlatılması, ekolojik ve çevresel baskılarla birleştiğinde, yabancı ot istilası başlar (Balabanlı ve ark., 2006; Gökkuş, 1999). Düzensiz ve aşırı kullanım, kaliteli ve hayvanlar tarafından severek tüketilen bitkilerin azalmasına veya tamamen yok olmasına yol açar (Gökkuş, 1999). Bu süreçte yerlerini alan yabancı otlar, hayvanlar için yeterli besin değeri sağlamamakta, bazı dikenli türler doğrudan veya dolaylı olarak zarar vermekte, bazıları ise içerdiği sekonder metabolitler nedeniyle hayvanlarda zehirlenmelere yol açmakta ve süt ile süt ürünlerinin kalitesini düşürebilmektedir (Turan ve ark., 2017; Açıkbaş ve Özyazıcı, 2021). Ayrıca, *Cuscuta spp.* ve *Orobancha spp.* gibi parazit bitkiler yoğun populasyon oluşturdıklarında, hayvanlar için değerli yem kaynaklarına zarar vermektedir (Turan ve ark., 2017). Çayır ve meraların bozulması, dünya genelinde yaygın bir sorundur; Polonya’da çeşitli nedenlerle çayır ve meraların yarısından fazlası bozulmaya maruz kalmakta ve yenilenmeye ihtiyaç duymaktadır (Burczyk ve ark.,2018). Bir çayırın yenilenmesinin başlıca nedenleri, verimde önemli düşüş, değerli yem bitkileri ve baklagillerde azalma, tür zenginliğinin bozulması ve yabancı otların artmasıdır; ayrıca çayırların planlı olarak yoğunlaştırılması veya terk edilmiş alanların ekime açılması da yenileme ihtiyacını artırmaktadır (Tiainen ve ark.,2020). Yabancı ot istilası, çim alanlarında düşük kalite veya düşük verimli türlerin artması ve üretim için artan emek veya enerji maliyeti nedeniyle ekonomik kayıplara yol açacak yoğunlukta ortaya çıkan yabancı otların varlığı olarak tanımlanır (Döring ve ark.,2017). Orta yoğunlukta yabancı otlar, ekilebilir alanlara kıyasla çayırlarda daha yüksek toleransla karşılanmaktadır (Döring ve ark., 2017). Çayırların tarımsal kullanımı ve hava koşulları, yabancı ot istilasının derecesini ve çim biyokütlesi ile yabancı ot ağırlığı arasındaki ilişkiyi etkiler; çim biyokütlesi ile yabancı ot ağırlığı genellikle negatif korelasyon göstermektedir (Döring ve ark.,2017). Tehlikeli ve istilacı yabancı otlar bir çim alanının %5’inden fazlasını kaplamamalıdır (Panetta ve ark.,1999) , aksi takdirde mutlak yabancı ot kontrolü zorunlu hale gelir (Dąbrowska ve ark.,2013). Bununla birlikte, göreceli yabancı otlar, çimenlikte biyolojik çeşitliliği artırabilir ve hayvanlar için mineraller ile aktif maddeler sağlayarak olumlu bir rol oynayabilir (Döring ve ark.,2017). Mera yenilemenin temel amacı, yem verimini ve kalitesini artırmaktır. (Martin ve ark.,2005). Yenilenen çayır alanlarında 2–4 kat verim artışı gözlemlenmiştir; ancak Simpson’ın baskınlık endeksi ile ölçülen biyoçeşitlilik, yenilemeden önceki seviyelere göre önemli ölçüde düşmüştür. En yaygın yenileme yöntemi, toprağın sürülmesi ve tam sürüm uygulanmasının ardından baklagil-çim karışımları ile yeniden ekim yapılmasıdır (Golka ve ark.,2016). Bu yaklaşımın en büyük dezavantajı, toprak tohum bankasından yabancı otların hızlı şekilde gelişmesidir; yabancı otlar, yavaş büyüyen baklagil ve çim fideleri ile rekabet ederek gelişimlerini kısıtlar



(Janicka ve ark.,2005). Daha az istilacı ancak çevreye daha az zarar veren basitleştirilmiş toprak işleme yöntemleri de kullanılmaktadır (disk tırmık, şerit ekimi veya doğrudan tohumlama ile 5 cm derinliğe kadar karıştırma) (Rayburn ve ark.,2013). Üst toprağın kompakt tırmıkla karıştırılması gibi bazı azaltılmış toprak işleme uygulamalarının diğer dezavantajı, tamamen yok edilmeyen bazı büyük köklü yabancı otların hızlı şekilde iyileşmesidir (Janicka ve ark.,2005). Belirli bir çayır alanını istila eden yabancı otlar, uygun yönetim, çimlerin yeterli bakımı ve belirli türlerin dengeli dağılımı ile etkili şekilde kontrol edilebilir; ancak yoğun kullanım ve aşırı otlatma, çim türlerinin baskınlığını artırır (Tracy ve ark., 2004). Çim tür kompozisyonu ve yabancı otlarla rekabet yeteneği, aşırı yabancı ot büyümesini önlemede önemlidir; örneğin, *Festuca arundinacea*, *Bromus inermis* 'e göre yabancı otları daha fazla bastırır (Tracy ve ark., 2004). Çok türe sahip çimler, tek türe sahip çimlere göre hayvanlar için daha lezzetli kabul edilmektedir (Wrage ve ark.,2011). Yoğun otlatma, hasat yapılmaması ve düşük yönetim, biyolojik çeşitliliği ve tür sayısını azaltarak çayırları olumsuz etkiler (Milberg ve ark., 2017). Yabancı ot yüzdesi, biyolojik yöntemler, belirli yabancı ot türlerine yönelik biyoherbisitler (Bailey ve ark., 2017). veya doğal patojenler içeren biyoajanlar (Ghanizadeh ve ark.,2019.) kullanılarak düşük tutulabilir. Toprak işleme sistemlerinin yabancı ot istilası üzerindeki etkileri çoğunlukla tahıllar ve baklagillerle çalışılmıştır (Feledyn-Szewczyk ve ark., 2020) ancak çayır ve meralarda da yabancı otların rekabet düzeyi ve kontrolü, çimlerin verim potansiyeli ve yenileme ihtiyacı açısından kritik öneme sahiptir (Schuster ve ark.,2020). Bu çalışmanın amacı, çayır ve meralarda yabancı otların oluşturduğu tehditleri, ekolojik ve ekonomik etkilerini ve farklı mücadele yöntemlerini literatür ışığında değerlendirmektir.

2. ÇAYIR VE MERALARDA YABANCI OT SORUNU VE ETKİLERİ

2.1. Rekabet

Meralarda yabancı otlar, su, ışık ve mineral besin maddeleri gibi temel kaynaklar için yem bitkileri ve baklagillerle rekabete girmektedir (Grice ve ark.,2020). Yabancı ot türlerinin bu rekabetçi etkileşimlerde baskın hale gelmesi, mera türlerinin hayatta kalma, büyüme ve üreme başarısında azalmaya neden olabilmektedir (Döring ve ark., 2017). Rekabet üstünlüğü kazanan yabancı otlar, mera bitkilerinin yerini alarak otlak ekosisteminin yapısını olumsuz yönde değiştirebilmektedir (Panetta ve ark.,1999). Nitekim birçok araştırma, *Cirsium arvense* (Tracy ve ark., 2004). gibi yabancı otların yem verimi ve kalitesi üzerinde belirgin olumsuz rekabet etkileri olduğunu ortaya koymuştur.

2.2. Allelopatik Bitkiler

Allelopati, bitkiler arası etkileşimlerin bir bileşeni olarak ortaya çıkabilmekte (Bailey ve ark.,2017). ancak genellikle rekabete kıyasla daha az önemli bir müdahale mekanizması olarak değerlendirilmektedir (Auld,ve ark., 2004). Yeni Zelanda mera ekosistemlerinde yabancı otların allelopatik potansiyelini araştırmış ve bazı türlerin çevrelerine kimyasal bileşikler salgılayarak istenen mera bitkilerinin üretimini olumsuz yönde etkilediğini



bildirmiştir (Feledyn-Szewczyk ve ark.,2020). Örneğin, *Jacobaea vulgaris*'in çok yıllık çavdar otu üzerinde allelopatik etkiye sahip olduğu gösterilmiştir (Bojarszczuk ve ark.,2020). *Carduus nutans*'ın altı çim türü ile dört baklagil türünün büyümesini baskıladığını, en güçlü allelopatik etkinin rozet döneminde ortaya çıktığını rapor etmiştir. (Feledyn-Szewczyk ve ark.,2020). *Anthemis cotula L.*'nin *Medicago sativa L.* ve *Lolium multiflorum* fideleri üzerinde allelopatik etkiler gösterdiğini belirtmiştir. Ayrıca, allelopatik bileşiklerin *Cirsium arvense*, *Cyperus spp.* ve *Elytrigia repens (L.)* Gould gibi mera yabancı otlarında da bulunduğu tespit edilmiştir (Schuste ve ark., 2020). Bununla birlikte, Yeni Zelanda'daki kırsal yabancı otlarla ilgili allelopatik çalışmaların çoğunun laboratuvar koşullarında gerçekleştirildiğini, bu nedenle allelopatinin saha koşullarında rekabete kıyasla göreceli öneminin belirsizliğini koruduğunu vurgulamıştır.

2.3. Yabancı Otların Hayvan Sağlığı Üzerindeki Etkisi

Meralarda bulunan bazı yabancı ot türleri, çiftlik hayvanları tarafından tüketildiklerinde akut veya kronik zehirlenmelere yol açabilmektedir. Örneğin, *Ranunculus acris* hayvanlarda toksik etkilere neden olabilmektedir (Bourdôt ve ark., 2002). Ayrıca *Jacobaea vulgaris* ve *Conium maculatum L.* gibi türler, sırasıyla gebe hayvanlarda sarılık veya doğum anomalilerine, hatta sığırlar tarafından tüketildiklerinde ölüme yol açabilen toksik alkaloidler içermektedir (Cortinovis ve ark., 2015). Bazı yabancı otlar ise doğrudan fiziksel zarar vermektedir; örneğin, *Nassella trichotoma*, ağız dokusunda yaralanmalara neden olarak ikincil viral enfeksiyonlara zemin hazırlamaktadır (Dowling ve ark.,2000).

2.4. Yabancı Otların Ürün Kalitesi Üzerindeki Etkisi

Yabancı otların varlığı, hayvansal ürünlerin kalitesini ve ekonomik değerini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Örneğin, *Critesion spp.* tohum başları ve *Cirsium vulgare* gibi devedikenleri, yünün kirlenmesine ve değer kaybetmesine yol açmaktadır (Dowling ve ark.,2000). Ayrıca *Anthemis cotula* ve *Arctotheca calendula (L.)* gibi bazı türler, hayvanlar tarafından tüketildiklerinde süt ve etin tadını bozabilmektedir (Dowling ve ark.,2000).

2.5. Mera Kullanımının Önlenmesi ve Azaltılması

Meralarda yabancı otların varlığı, hayvanların otlanma alanlarına erişimini doğrudan kısıtlayabilmektedir (Schuster.,2020). Örneğin, dikenli yaprakları nedeniyle *Cirsium arvense* (Hartley, ve ark.,1979). ve toksik özellikleri nedeniyle *Ranunculus acris* (Cortinovis ve ark.,2015). Hayvanlar tarafından genellikle tercih edilmemektedir. Bunun yanı sıra *Ulex europaeus* ve *Rubus fruticosus* gibi çalı formundaki yabancı otlar, altlarında yetişen yem bitkilerinin otlanmasını güçleştirerek mera kullanımını azaltmaktadır. Besin değeri düşük olan *Rumex spp.* ve *Juncus spp.* gibi türler ise mera alanlarını işgal ederek,



daha besleyici ve tercih edilen bitkilerin gelişimini sınırlandırmaktadır (Matthews ve ark., 1982). Ayrıca uygun bir otlatma baskısı sağlanmadığında, hayvanların daha az tercih ettiği yabancı ot türlerinden kaçınması, bu türlerin meralarda baskın hale gelmesini kolaylaştırabilmektedir (Matthews ve ark., 2000).

3.ÇAYIR VE MERA ALANLARINDA YABANCI OTLARIN KONTROLÜNE YÖNELİK STRATEJİLER

Türkiye’de yaklaşık 14,6 milyon hektar çayır ve mera alanı bulunmaktadır. Bunun 1,4 milyon hektarı çayır, 13,2 milyon hektarı ise mera alanıdır (Altın ve ark., 2011). Bu alanlardaki bitki örtüsü, doğal ekosistem koşullarında oluştuğu için, çok sayıda tür bir arada bulunabilmektedir. Bu durum, otlayan hayvanlara dengeli ve besleyici yem kaynağı sağlarken, aynı zamanda bazı türlerin yabancı ot olarak öne çıkmasına da neden olmaktadır. Çayır ve meraların hem toprak özellikleri hem de kullanım biçimleri farklılık göstermektedir. Çayır ve taban meralarda yer altı su seviyesi genellikle yüksektir. Bu nedenle, buralarda zaman zaman *Juncus sp.* ve *Carex sp.* gibi türlerin yoğun istilasıyla karşılaşılabilir. Bu türlerle etkin mücadele için öncelikle drenaj sorununun çözülmesi gereklidir. Taban suyu seviyesi düştüğünde, kaliteli yem bitkilerinin daha iyi gelişme imkânı bulunduğu bildirilmektedir. Örneğin, Sürmen (2010), Samsun Bafra’da *Juncus effusus*’un yaygın olduğu taban merada farklı ıslah yöntemleri denemiştir. Araştırmada uygulanan yöntemlerin botanik kompozisyonunda *J. effusus* oranını önemli ölçüde etkilediği belirlenmiştir. Çalışma sonuçları organik tarım koşullarında değerlendirildiğinde, biçme, freze çekme ve biçme+freze çekme uygulamalarının bu türle mücadelede başarılı olduğu ortaya konmuştur. Merada kaliteli yem bitkilerinin gelişiminin desteklenmesi, yabancı otların baskılanmasını sağlamaktadır. Bu nedenle, toprak pH’sı ve besin elementi düzeyinin uygun hale getirilmesi önemlidir (Green ve ark., 2006). Genel olarak, pH’sı 6’nın altında olan meralarda kireçleme yapılması tavsiye edilmektedir (Aydın ve Uzun, 2002). Çayır-mera alanlarında düzenli otlatma ve biçim, mekanik mücadele yöntemleri, biyolojik kontrol ve bazı mera ıslah yöntemleri yabancı otlarla mücadelede kullanılabilir. Ancak, Türkiye’de meraların doğru kullanılmasının önündeki en önemli engellerden biri, mera yönetim ilkelerine yeterince uyulmamasıdır. Otlatma yoğunluğu ile yabancı ot varlığı arasında doğrudan ilişki bulunmaktadır. Örneğin, Kastamonu Taşköprü’de yürütülen bir çalışmada, otlatma baskısı azaldığında bitkiyle kaplı alan artmıştır. Ancak, bu artışın kaliteli yem bitkileri (azalıcı+çoğalıcı) lehine olmadığı, yabancı otların oranının yükseldiği saptanmıştır (İspirli ve ark., 2016). Benzer şekilde, ağır otlatmanın da merada yabancı ot yoğunluğunu artırdığı bilinmektedir. Erzurum’da yapılan bir araştırmada, korunan, aşırı otlatılan ve sürülüp terk edilen meraların kalite dereceleri karşılaştırılmış; en yüksek kalite değeri korunan merada belirlenirken, ikinci sırada ağır otlatılan mera yer almıştır (Çomaklı ve ark., 2012). Bu durum, aşırı otlatmanın primer süksesyonu ortadan kaldırıp sekonder süksesyonu artırarak yabancı otların çoğalmasına yol açtığını göstermektedir. Mera alanlarının sürdürülebilir yönetimi için, otlatmanın zamanında ve taşıma kapasitesi dahilinde yapılması temel şarttır. Çayır-meralarda yem



değeri düşük veya niteliği olumsuz etkileyen odunsu türler (ağaç, çalı) kesme, kökleme, budama, buldozer veya zincir çekme gibi mekanik yöntemlerle kontrol altına alınabilir. Daha ince gövdeli çalı ve otsu türler ise biçme makineleri ya da çapalama ile yok edilebilmektedir (Altın ve ark., 2005). Tek yıllık yabancı otlarla mücadelede erken biçim ve erken otlatma etkili yöntemlerdir. Tek yıllık bitkiler ilkbaharda daha hızlı geliştiği ve erken çiçeklendiği için, tohum oluşturmada önce biçilmeleri gerekir. Nitekim, Mut (2009), Samsun koşullarında sekonder bir merada erken biçim uygulamasını tek yıllık buğdaygiller çiçeklenme dönemine geldiğinde yapmış ve uygulamanın *Vulpia ciliata*, *Bromus tectorum*, *Bromus squarrosus* gibi tek yıllık türleri azalttığını, buna karşılık *Poa trivialis*, *Dactylis glomerata*, *Alopecurus myosuroides* gibi çok yıllık buğdaygilleri artırdığını bildirmiştir. Ayrıca, erken biçim ahır gübresiyle birlikte uygulandığında, baklagil kuru ot veriminin de arttığı görülmüştür. Bunun yanı sıra, otlatma sezonu sonunda hayvanların tüketmediği bitkilerin temizleme biçimi ile ortamdaki uzaklaştırılması, yabancı ot sorununu azaltıcı etki yapmaktadır. Yarı kurak bölgelerde, tek yıllık yabancı otlarla mücadelede dinlendirme esaslı münavebeli otlatma sistemi kullanılabilmektedir. Bu yöntemde, yabancı ot problemi olan mera ilk yıl ağır otlatılır; sonraki iki yıl ise meranın kendini toparlaması için otlatma mevsiminin ortasında otlatmaya başlanır (Altın ve ark., 2011). Meralarda otlayan hayvan türü de yabancı ot kontrolünde önemlidir. Sığır ve atlar daha çok buğdaygilleri tercih ederken, koyunlar geniş yapraklı otları seçer. Keçiler ise hem geniş yapraklı otları hem de çalı ve buğdaygilleri yoğun şekilde tüketebilmektedir (Altın ve ark., 2011). Ayrıca, sığır ve koyunlar öncelikli olarak bitkilerin yapraklarını otlarken, keçiler çiçek ve tohum kısımlarını tercih etmektedir. Nitekim, keçilerin *Cirsium arvense*, *Centaurea solstitialis*, *Rumex spp.*, *Rubus spp.*, *Rosa spp.* ve *Genista spp.* türlerini diğer hayvanlara göre daha fazla tükettiği bildirilmiştir (Uzun ve ark., 2015). Bunun yanı sıra, bazı böcek türleri de meralarda biyolojik mücadelede kullanılmaktadır. Örneğin, *Hypericum perforatum* için *Chrysolina quadrigemina* ve *Chrysolina hyperici*, *Centaurea diffusa* için *Urophora affinis*, *Tribulus terrestris* ve *Tribulus cistoides* için *Microlarinus lareynii*, *Carduus nutans* için *Rhinocyllus conicus*, *Senecio jacobaea* için ise *Longitarsus flavicornis*, *Longitarsus jacobaeae* ve *Cochylis atricapitana* türlerinin kullanıldığı belirtilmiştir (Atay ve ark., 2015). Doğu Akdeniz meralarında yapılan bir çalışmada ise, *Euphorbia sp.* türleri üzerinde beslenen *Hyles euphorbiae* ve *Denticera divisella*'nın biyolojik mücadele açısından umut vadettiği ifade edilmiştir (Uygun ve ark., 1996).

4.SONUÇ

Çayır ve meralar, hayvancılığın temel yem kaynağını oluşturmasının yanı sıra, erozyon kontrolü, arıcılık ve biyolojik çeşitliliğin desteklenmesi gibi önemli ekosistem hizmetleri sunmaktadır. Ancak bu alanlarda yanlış kullanım, özellikle erken ve yoğun otlatma gibi baskılar, değerli yem bitkilerinin azalmasına yol açmakta ve yabancı ot istilasını hızlandırmaktadır. Yabancı otların çoğalması; yem verimi ve kalitesinde azalma, hayvan sağlığında toksik etkiler ve fiziksel zararlar, süt, et ve yün gibi ürünlerde kalite kaybı ile doğrudan ekonomik zararlara sebep olmaktadır. Ayrıca, parazit ve dikenli türlerin



yayılması, meraların etkin kullanımını sınırlandırarak ekosistem dengesini olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle çayır ve meraların sürdürülebilir yönetimi için entegre bir yaklaşım zorunludur. Uygun otlatma planlarının yapılması, tür kompozisyonunun korunması, drenaj ve toprak düzenlemeleri, pH ayarlamaları, mekanik uygulamalar (biçme, kökleme, budama vb.), hayvan türlerinin otlatmadaki seçiciliğinden yararlanma ve biyolojik mücadele yöntemleri, yabancı ot kontrolünde birlikte kullanılmalıdır. Gerektiğinde mera yenileme uygulamalarıyla verim birkaç kat artırılabilir de, biyoçeşitlilik kayıplarının önlenmesi için yönetim stratejilerinde ekosistem bütünlüğü gözetilmelidir. Sonuç olarak, çayır ve meralarda yabancı ot sorunu yalnızca verim düşüklüğü değil; ekolojik, ekonomik ve hayvansal üretim açısından çok yönlü bir tehdit oluşturmaktadır. Tek yönlü çözümler yerine entegrasyona dayalı, ekosistem dostu ve sürdürülebilir yönetim stratejilerinin uygulanması, hem yem üretimini güvence altına alacak hem de doğal kaynakların korunmasına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Aydın, İ., & Uzun, F. (2002). *Çayır-Mera Amenajmanı ve Islahı*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, No: 9, Samsun.
- Altın, M., Gökkuş, A., & Koç, A. (2005). *Çayır Mera Islahı*. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Altın, M., Gökkuş, A., & Koç, A. (2011). *Çayır Mera Islahı*. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Altın, M., Gökkuş, A., & Koç, A. (2011). *Çayır ve Mera Yönetimi. 1. Cilt (Genel İlkeler). Tarım ve Köyişleri Bakanlığı*, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Açıkbaş, S., & Özyazıcı, M. A. (2021). *Yem bitkilerinde bulunan toksik maddelerin kaba yem kalitesi açısından değerlendirilmesi*. International Hazar Scientific Research Congress-II, 10–12 Nisan, Bakü, Azerbaycan, 853–864.
- Atay, T., Asav, Ü., Önen, H., & Kara, K. (2015). *İstilacı yabancı otlarla biyolojik mücadele*. In H. Önen (Ed.), Türkiye İstilacı Bitkiler Kataloğu (s. 81–118). Ankara.
- Balabanlı, C., Albayrak, S., Türk, M., & Yüksel, O. (2006). *Türkiye çayır-meralarında bulunan bazı zararlı bitkiler ve hayvanlar üzerindeki etkileri*. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 7(2), 89–96.



- Bailey, K., Derby, J.-A., Bourdôt, G., Skipp, B., Cripps, M., Hurrell, G., Saville, D., & Noble, A. (2017). *Plectosphaerella cucumerina as a bioherbicide for Cirsium arvense: Proof of concept. BioControl*, 62, 693–704. <https://doi.org/10.1007/s10526-017-9802-4>
- Bojarszczuk, J., & Podleśny, J. (2020). *Segetal diversity in selected legume crops depending on soil tillage. Agriculture*, 10, 635. <https://doi.org/10.3390/agriculture10110635>
- Bourdôt, G. W., & Lamoureaux, S. (2002). *Süt meralarında dev düğün çiçeği (Ranunculus acris L.) yönetimi* - Güncel sorunlar ve gelecekteki çözümler. NZ Grassl. Assoc. Konferansı Bildirileri.
- Burczyk, P., Gamrat, R., Gałczyńska, M., & Saran, E. (2018). *Çayırların doğal çevrenin ekolojik sürdürülebilirliğini sağlamadaki rolü. Su Çevresi. Kırsal Alanlar*, 18, 21–37.
- Cortinovis, C., & Caloni, F. (2015). *Avrupa'da sığırlar ve atlar için zehirli olan alkaloid içeren bitkiler. Toksinler*, 7, 5301–5307. <https://doi.org/10.3390/toxins7115301>
- Dąbrowska, T. (2013). *Charakterystyka, her şeyi ve her şeyi bir arada kullanıyor. In J. Tyburski & S. Grzegorzczak (Eds.), Trwale Użytki Zielone w Gospodarstwie Ekologicznym (2nd ed., pp. 85–114). Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Olsztyn, Polonya.*
- Döring, T. F., Storkey, J., Baddeley, J. A., Collins, R. P., Crowley, O., Howlett, A. A., Jones, H. E., McCalman, H., Measures, M., & Pearce, H. (2017). *Organik verimlilik oluşturan yabani otlar: Tür zenginliği ve yabani ot yönetimi yönleri. Org. Farming*, 3, 51–65.
- Dowling, P. M., Michalk, D. L., & Sindel, B. M. (2000). *Mera sistemlerinde yabancı ot yönetimi. In R. G. & F. J. Richardson (Eds.), Melbourne, Avustralya (s. 307–328).*
- Ertuş, M. M. (2019). *Hakkâri'de sürdürülebilir mera kullanımı ve yem bitkileri üretimi. Doğu Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1), 47–53.



- Feledyn-Szewczyk, B., Smagacz, J., Kwiatkowski, C. A., Harasim, E., & Woźniak, A. (2020). *Weed flora and soil seed bank composition as affected by tillage system in three-year crop rotation*. Agriculture, 10, 186. <https://doi.org/10.3390/agriculture10060186>
- Ghanizadeh, H., & Harrington, K. C. (2019). *Weed management in New Zealand pastures*. Agronomy, 9, 448. <https://doi.org/10.3390/agronomy9080448>
- Gençkan, M. S. (1985). *Çayır-Mera Kültürü Amenajmanı Islahı*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 483, İzmir.
- Golka, W., Zürek, G., & Kamiński, J. R. (2016). *Kalıcı otlak restorasyon teknikleri - Genel bir bakış*. Tarım. Müh., 20, 51–58.
- Gökkuş, A. (1999). *Çayır ve Meralarda Yabancı Bitki Savaşı, Çayır-Mera Amenajmanı ve Islahı*. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Matsa Basımevi, Ankara.
- Goslee, S. C., Peters, D. P. C., & Beck, K. G. (2001). *Çayırlardaki istilacı yabancı otların modellenmesi: Acroptilon repens istilasında allelopatinin rolü*. Ecol. Model., 139, 31–45. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(01\)00348-6](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(01)00348-6)
- Green, J. D., Witt, W. W., & Martin, J. R. (2006). *Weed Management in Grass Pastures, Hayfields, and Other Farmstead Sites*. <http://www2.ca.uky.edu/agcomm/pubs/agr/agr172/agr172.pdf>
- Hartley, M. J., & James, T. K. (1979). *Merada Kaliforniya dikenli kontrolünün maliyet-fayda ilişkisi*. NZ Yabancı Ot Zararlı Kontrol Konferansı Tutanakları, 32, 245–249.
- İspirli, K., Alay, F., Uzun, F., & Çankaya, N. (2016). *Doğal meralardaki vejetasyon örtüsü ve yapısı üzerine otlatma ve topografyanın etkisi*. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 3(1), 14–22.
- Janicka, M. (2005). *Re-growth of original sward following meadow renovation by over drilling—central Poland*. In R. Lillak, R. Viiralt, A. Linke, & V. Geherman (Eds.), *Proceedings of the 3rd Symposium on Integrating Efficient Grassland Farming and Biodiversity*, Tartu, Estonia, 2–31 August 2005 (Vol. 10, pp. 625–628). Estonian Grassland Society (EGS).



- Martin, L. M., Moloney, K. A., & Wilsey, B. J. (2005). ***An assessment of grassland restoration success using species diversity components.*** J. Appl. Ecol., 42, 327–336. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01041.x>
- Matthews, L. J. (1982). ***Yeni Zelanda'nın mera otları.*** In W. Holzner & M. Numata (Eds.), *Yabancı Otların Biyolojisi ve Ekolojisi* (s. 387–394). Springer, Hollanda.
- Matthews, P. N. P., Harrington, K. C., & Hampton, J. G. (2000). ***Otlatma sistemlerinin yönetimi.*** In J. White & J. Hodgson (Eds.), *Yeni Zelanda Mera ve Mahsul Bilimi* (s. 153–174). Oxford University Press, Melbourne, Avustralya.
- Milberg, P., Tälle, M., Fogelfors, H., & Westerberg, L. (2017). ***The biodiversity cost of reducing management intensity in species-rich grasslands: Mowing annually vs. every third year.*** Basic Appl. Ecol., 22, 61–74. <https://doi.org/10.1016/j.baee.2017.02.003>
- Mut, H. (2009). ***Sürülüp terkedilen bir merada farklı ıslah yöntemlerinin etkinliklerinin belirlenmesi.*** Doktora tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Panetta, F. D., & James, R. F. (1999). ***Yabancı ot kontrol eşikleri: Doğal ekosistemlerde yararlı bir kavram mı?*** Bitki Koruma Dergisi, 14, 68–76.
- Rayburn, A. P., & Laca, E. (2013). ***Strip-seeding for grassland restoration: Past successes and future potential.*** Restor. Ecol., 31, 147–153. <https://doi.org/10.1111/rec.12023>
- Schuster, M. Z., Gastal, F., Doisy, D., Charrier, X., de Moraes, A., Médiène, S., & Barbu, C. M. (2020). ***Weed regulation by crop and grassland competition: Critical biomass level and persistence rate.*** Eur. J. Agron., 113, 125963. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2019.125963>
- Sürmen, M. (2010). ***Orta Karadeniz Bölgesinde kofa (Juncus effusus L.) istilasına uğrayan taban meralar için uygun ıslah yöntemlerini belirlenmesi.*** Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Tiainen, J., Hyvönen, T., Hagner, M., Huusela-Veistola, E., Louhi, P., Miettinen, A., Nieminen, T. M., Palojarvi, A., Seimola, T., Taimisto, P., & ark. (2020). ***Finlandiya'daki yoğun ve geniş otlaklardaki biyolojik çeşitlilik: Tarımsal arazi***



kullanımındaki mekansal ve zamansal değişikliklerin etkileri. Tarım. Gıda Bilimi, 29, 68–97.

Tracy, B. F., Renne, I. J., Gerrish, J., & Sanderson, M. A. (2004). ***Effect of plant diversity on invasion of weed species in experimental pasture communities.*** Basic Appl. Ecol., 5, 543–550. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2004.00166.x>

Turan, N., Özyazıcı, M. A., Özyazıcı, G., & Açıkbaş, S. (2017). ***Adverse effects of some harmful substances in meadow and pasture plants on animal feeding and solution proposals.*** In I. International Conference on Multidisciplinary, Engineering, Science, Education and Technology (IMESET'17 Baku), Book of Abstracts (p. 71). Baku, Azerbaijan.

Uzun, F., Garipoğlu, A. V., & Dönmez, H. B. (2015). ***Mera yabancı otlarının kontrolünde keçilerin kullanımı.*** Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 1(1), 40–50.

Wrage, N., Strodthoff, J., Cucillo, H. M., Isselstein, J., & Kayser, M. (2011). ***Phytodiversity of temperate permanent grasslands: Ecosystem services for agriculture and livestock diversity conservation.*** Biodivers. Conserv., 20, 3317–3339. <https://doi.org/10.1007/s10531-011-0101-7>

Zajac, M., Szychalski, W., & Goliński, P. (2010). ***Effect of different methods of sward renovation on selected physical and chemical soil properties.*** In H. Schnyder, J. Isselstein, F. Taube, K. Auerswald, J. Schellberg, M. Wachendorf, A. Herrmann, M. Gierus, N. Wrage, & A. Hopkins (Eds.), Proceedings of the 23rd EGF General Meeting on Grassland in a Changing World, Kiel, Germany, 29 August–2 September 2010 (Vol. 15, pp. 226–228). Estonian Grassland Society (EGS).



STRATEGIES FOR COMBATING MONEY LAUNDERING IN THE BANKING SECTOR: LESSONS FROM MALAYSIA

Noor Fatimah

School of Law, International Islamic University Malaysia

Dr. Zainal Abidin

Department of Banking and Finance, University of Kuala Lumpur, Malaysia

Abstract

This research critically examines anti-money laundering (AML) strategies implemented across the Malaysian banking sector. Through regulatory review and stakeholder interviews, the study assesses the efficacy of existing legal frameworks and institutional practices. Key strategies include enhanced customer due diligence, real-time transaction monitoring, and interagency cooperation. The findings suggest strengths in compliance culture but also identify gaps related to technological advancements and resource allocation. Based on comparative analysis with international best practices, the paper proposes improvements such as adopting fintech-based AML tools and capacity building among enforcement agencies to bolster Malaysia's defense against financial crimes. The study underscores the importance of dynamic regulatory environments to mitigate laundering risks effectively.

Keywords: Money laundering, banking sector, anti-money laundering strategies, Malaysia, financial regulation



HYBRID RENEWABLE ENERGY SYSTEMS FOR SMALL INDUSTRIAL COMPLEXES: OPTIMIZATION AND PERFORMANCE ANALYSIS

Eng. Nikola Stambolić

Dr. Katarina Petrovska

Department of Finance, University of Lagos, Nigeria

Abstract

This paper investigates the design optimization and performance evaluation of hybrid renewable energy systems (HRES) tailored for small industrial complexes. Using simulation tools, the study integrates solar photovoltaic, wind turbines, and energy storage components to analyze cost-effectiveness and reliability under variable load demands. Sensitivity analyses identify optimal system configurations considering site-specific renewable resource availability and economic factors. Results highlight the potential of HRES to reduce fossil fuel dependency and operational costs while ensuring energy security. The research provides vital insights into scalability and adaptability, fostering sustainable energy transition within small-scale industrial sectors. Recommendations facilitate practical implementations and policy support for green energy adoption.

Keywords: Hybrid renewable energy, industrial complexes, system optimization, solar PV, wind energy



NEURAL NETWORK-BASED STATISTICAL PREDICTION OF FINANCIAL DISTRESS IN NIGERIA'S BANKING SECTOR

Prof. Dr. Chukwuemeka Nwosu

Department of Finance, University of Lagos, Nigeria

Abstract

The study presents a neural network-based statistical model to predict financial distress in Nigerian banks, addressing the sector's vulnerability to economic fluctuations. Historical financial data are analyzed using multilayer perceptron architectures for pattern recognition and risk classification. The model demonstrates high accuracy and early warning capability compared to traditional econometric approaches. Results indicate significant predictors including capital adequacy, liquidity ratios, and non-performing loans. The research supports financial institutions and regulators in implementing proactive risk management strategies to mitigate banking sector failures. This approach contributes to financial stability and sustainability in emerging economies.

Keywords: Financial distress, neural networks, banking sector, Nigeria, risk prediction



EVALUATING EFFICIENCY IN URBAN GOVERNANCE FOR SUSTAINABILITY AND COMPETITIVENESS: A STUDY ON KUALA LUMPUR

Dr. Amir Hamzah

Faculty of Social Sciences and Humanities, Universiti Kebangsaan Malaysia

Ms. Nurul Rashid

Faculty of Social Sciences and Humanities, Universiti Kebangsaan Malaysia

Abstract

This research evaluates the efficiency of urban governance mechanisms in Kuala Lumpur, focusing on sustainability and competitiveness outcomes. Through mixed-methods research incorporating stakeholder surveys and performance indicators, the study identifies governance strengths such as integrated planning and public engagement, while pinpointing bottlenecks including bureaucratic inertia and uneven resource allocation. The findings illustrate that governance efficiency directly influences urban sustainability goals, economic growth, and quality of life. Policy recommendations emphasize participatory governance, enhanced transparency, and inter-agency collaboration to foster resilient urban development amid rapid urbanization challenges. The paper contributes to the global discourse on sustainable metropolitan governance with practical insights for policymakers.

Keywords: Urban governance, sustainability, competitiveness, Kuala Lumpur, policy efficiency



APPLICATION OF NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEMS FOR FORECASTING GROSS DOMESTIC PRODUCT GROWTH

Assoc. Prof. Dr. Eleni Giovanis

Department of Economics, University of Athens, Greece

Abstract

This paper presents the application of neuro-fuzzy inference systems (NFIS) for forecasting GDP growth, combining neural networks' learning capabilities with fuzzy logic's handling of uncertainty. Empirical analyses applied NFIS models to macroeconomic indicators from multiple countries, comparing forecasting accuracy against conventional econometric models. The results showcase superior predictive performance and adaptability to volatile economic environments. This methodology offers robust forecasting tools for policymakers and investors by accommodating non-linear relationships and ambiguous data. The study suggests wider adoption of hybrid intelligent systems for enhanced economic forecasting and decision-making.

Keywords: Neuro-fuzzy inference, GDP forecasting, neural networks, fuzzy logic, economic prediction



RISK ASSESSMENT OF LATE PAYMENTS IN THE MALAYSIAN CONSTRUCTION INDUSTRY

Dr. Mei Ling Kho

Faculty of Civil Engineering, Universiti Teknologi Malaysia

Mr. Hamzah Rahman

Department of Construction Management, Universiti Putra Malaysia

Abstract

This study assesses the risks associated with late payments within the Malaysian construction industry, a common factor affecting project delivery and financial stability. Utilizing survey data from contractors and subcontractors, risk factors such as contractual ambiguities, client financial health, and project complexity are identified and ranked using analytic hierarchy process (AHP). Findings reveal that payment delays cause cash flow disruptions, impacting project timelines and stakeholder relationships. Recommendations advocate for stricter contract enforcement, improved financial planning, and dispute resolution mechanisms to mitigate late payment risks. The research supports practitioners and policymakers in enhancing industry sustainability and project success.

Keywords: Late payments, construction industry, risk assessment, Malaysia, project managemen



COMPARATIVE EVALUATION OF HETEROGENEOUS (CAO) AND HOMOGENEOUS (KOH) CATALYSTS FOR BIODIESEL SYNTHESIS

Assoc. Prof. Dr. Erdal ÇILGIN

Dicle University,

erdal.cilgin@dicle.edu.tr- 0000-0002-9957-6266

ABSTRACT

In this study, biodiesel production from safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seed oil was comparatively evaluated using a homogeneous catalyst (KOH: potassium hydroxide) and a heterogeneous catalyst (CaO: calcium oxide) in terms of process efficiency and fuel properties. The free fatty acid (FFA) content of the crude oil was determined and found to be below 3%. Therefore, direct base-catalyzed transesterification was considered applicable. In the KOH-catalyzed method (1% KOH, 20% methanol, 60 °C, 60 min), a conversion yield of 92.44% was achieved, while in the CaO-catalyzed method (13:1 methanol/oil molar ratio, 4% CaO, 65 °C, 180 min), the yield was 81.17%. Fuel characterization results showed that both biodiesels met the ASTM D6751 and EN 14214 standard limits. While the KOH method stands out with its high yield and short reaction time, the CaO method provides advantages in terms of catalyst separation, reusability potential, and environmental sustainability. In conclusion, safflower seed oil can be utilized for biodiesel production with both homogeneous (KOH) and heterogeneous (CaO) catalysts, offering a balance between high yield and process sustainability.

Keywords: Safflower oil, biodiesel, transesterification, KOH, CaO, fuel properties, heterogeneous catalysis.

1. INTRODUCTION

The increasing global energy demand continues to sustain dependence on existing resources, primarily fossil fuels; this situation exacerbates environmental problems such as greenhouse gas emissions and air pollution. The dominant role of fossil fuels in the energy mix and their associated environmental impacts have accelerated the search for renewable and cleaner fuel alternatives for diesel engines. In this context, biodiesel stands out due to its advantages such as biodegradability, low toxicity, higher flash point, and its ability to be used without requiring engine modifications [1]. Furthermore, the 10–12% oxygen content typically present in biodiesel derived from various feedstocks enhances diesel combustion and promotes more complete burning [2]. From a feedstock perspective, safflower (*Carthamus tinctorius*) seed oil is noteworthy compared to other oilseeds due to its lower water requirement and tolerance to arid conditions; it can be cultivated on fallow lands and in crop rotation systems, enabling oil production without conflicting with food security. Previous studies have reported that biodiesel produced from safflower oil complies with ASTM D6751 and EN 14214 standards [3,4]; however, limitations such as high viscosity, poor cold flow properties, and a tendency for higher NO_x emissions have also been frequently noted [3,4]; The most common approach in biodiesel synthesis is base-catalyzed homogeneous transesterification (KOH/NaOH) [5]; For example, a



one-step process using 1 wt.% KOH and 20 vol.% methanol at 60 °C for safflower oil has been shown to be practical and capable of achieving high conversions. Nevertheless, homogeneous catalysis increases purification requirements and waste generation, thereby raising process costs. Therefore, heterogeneous (solid) catalyst alternatives have attracted growing interest. Studies have shown that with commercial CaO, under conditions of a 13:1 methanol-to-oil molar ratio, 4% catalyst loading, 65 °C temperature, and 180 min reaction time, high yields can be obtained, and the catalyst can be easily separated and reused [6,7]. However, limitations such as mass transfer resistance and increased viscosity at higher loadings may reduce conversion efficiency. This study aims to systematically compare homogeneous KOH and heterogeneous CaO catalysts in biodiesel production from safflower seed oil within the same experimental framework by evaluating (i) process efficiency in terms of conversion yield and fuel properties, (ii) compliance with fuel standards, and (iii) sustainability aspects related to catalyst separation and reusability. In doing so, the study seeks to address a gap in the literature by presenting a direct comparison of CaO and KOH catalysts specifically for safflower oil, despite the predominance of KOH-based applications.

2. EXPERIMENTAL STUDIES

The extraction of oil from safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seeds was carried out using the solvent extraction method. Initially, the seeds were oven-dried at 105 °C for 24 hours to reduce moisture content and prevent oxidative degradation. They were then ground to a particle size of 0.5–1 mm. The ground samples were subjected to Soxhlet extraction with n-hexane for approximately 8 hours, completing more than 50 siphoning cycles during the process. At the end of extraction, the obtained miscella (oil–solvent mixture) was separated from the solvent using a rotary evaporator under reduced pressure at 40–45 °C. For purification, filtration and vacuum drying were applied to completely remove volatile solvent residues and moisture, resulting in clear safflower seed oil.

2.1. Free Fatty Acid (FFA) Analysis and Transesterification Process

The free fatty acid (FFA) content of the crude oil used in biodiesel synthesis is a decisive parameter in selecting the appropriate catalytic method. High FFA levels (>3%) can cause saponification during single-step alkali-catalyzed transesterification, thereby reducing product yield and complicating the purification process [8,9]. For this reason, when the FFA level of the oil exceeds 3%, a preliminary esterification step is usually recommended; in this step, an acid catalyst such as sulfuric acid (H₂SO₄) is employed to convert free fatty acids into methyl esters, thus producing a crude oil suitable for subsequent base catalysis [10]. In this study, the FFA content of safflower seed oil obtained through n-hexane extraction was determined using a titrimetric method. For this purpose, a specified volume of the oil sample was dissolved in an equal mixture of ethanol and diethyl ether (DEE), followed by the addition of three to four drops of phenolphthalein indicator. The solution was then titrated with standard 0.1 N KOH solution until a color change from colorless to pink was observed (Figure 1). The FFA content of the oil was calculated using the titration data according to the following equation:

$$FFA(\text{mg KOH/g fat}) = \frac{V \cdot N \cdot 56,1}{m}$$

Here, V represents the volume of KOH solution consumed (mL), N the normality, 56.1 the molecular weight of KOH, and m the mass of the oil sample (g). As a result of the analysis, the FFA level of safflower oil was determined to be 1.581 mg KOH/g. This value is well below the 3% threshold, indicating that the crude oil is suitable for direct base-catalyzed single-step transesterification. Thus, the requirement for an acid-catalyzed pretreatment was eliminated, making the biodiesel production process shorter, less costly, and more energy-efficient [11].

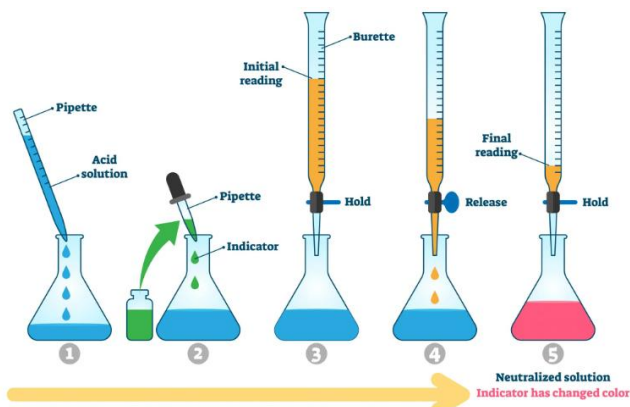


Figure 1. Titration procedure for free fatty acid (FFA) determination in safflower oil using phenolphthalein indicator and 0.1 N KOH solution [18]

2.2. Homogeneous Base-Catalyzed Transesterification (KOH)

Since the free fatty acid (FFA) value of safflower seed oil was below 3%, a single-step base-catalyzed transesterification method was applied in this study. Transesterification is based on the reaction of triglycerides with short-chain alcohols (mostly methanol) in the presence of a catalyst, resulting in the formation of fatty acid methyl esters (FAME, biodiesel) and glycerol. The reaction proceeds in three steps: in the first stage, triglycerides are converted into diglycerides with the formation of FAME; in the second stage, diglycerides are converted into monoglycerides; and in the final stage, monoglycerides yield glycerol and additional FAME. The base catalyst (KOH/NaOH) used in this process accelerates the reaction, is not consumed, and can be separated from the product phase after the reaction. In the experimental studies, potassium hydroxide (KOH) was used as the catalyst at 1% of the oil mass, while methanol was used as the alcohol at 20% of the oil volume. The reaction was carried out at 60 °C with a stirring speed of 700 rpm for 60 minutes. After the reaction, the mixture was separated into two phases due to the density difference: biodiesel (FAME) in the upper phase and glycerol as a by-product in the lower phase. For effective phase separation, the mixture was allowed to stand in a separating funnel for approximately 12 hours. The biodiesel phase was washed several times with warm distilled water to remove residual soap, catalyst, and methanol. At the end of the washing process, clarity was achieved. Finally, the biodiesel was dried under vacuum at 100 °C to eliminate moisture and volatile components, yielding purified biodiesel.



Equation 1. Transesterification of triglycerides with methanol in the presence of KOH catalyst to produce fatty acid methyl esters (FAME, biodiesel) and glycerol.

2.3. Homogeneous Base-Catalyzed Transesterification (KOH)



As a second method for biodiesel production from safflower seed oil, heterogeneous base-catalyzed transesterification was applied. In this method, calcium oxide (CaO) was selected as the catalyst. Compared to homogeneous base catalysts, heterogeneous catalysts in the solid phase offer significant advantages in terms of product purification and catalyst recovery. In particular, CaO is widely used in biodiesel production due to its strong basicity, low cost, easy availability, and higher environmental sustainability. In the experimental study, the optimum conditions were determined with support from the literature. The methanol-to-oil molar ratio was set at 12:1, the catalyst loading was 4% (w/w) relative to the oil mass, the reaction temperature was 65 °C, and the reaction time was 180 minutes. The reaction was carried out in a continuously stirred reactor. The heterogeneous catalyst was pre-activated in methanol before being introduced into the system, thereby enhancing its catalytic activity [13]. At the end of the reaction, the product mixture was subjected to phase separation. Similar to the homogeneous catalysis process, two phases were observed: biodiesel (FAME) in the upper phase and glycerol in the lower phase. However, since CaO remained in the solid phase, it was easily separated at the end of the reaction by filtration or centrifugation. This substantially reduced product purification costs and waste generation. The obtained biodiesel was then washed several times with warm distilled water, and finally dried under vacuum at 100 °C to ensure purification. The transesterification reaction catalyzed by CaO is presented in Equation 1.



Equation 1. Transesterification of triglycerides with methanol using CaO catalyst to produce fatty acid methyl esters (FAME) and glycerol.

2.4. Calculation of Biodiesel Yield

The biodiesel yield was determined by calculating the ratio of the experimentally obtained mass of purified fatty acid methyl esters (FAME) to the theoretically estimated maximum FAME mass. The following equation was used:

$$\text{Yield (\%)} = \frac{m_{\text{FAME,exp}}}{m_{\text{FAME,theo}}} \quad \text{Eq 3.}$$

where $m_{\text{FAME,exp}}$ represents the mass (g) of biodiesel after purification and drying, measured using an analytical balance, and $m_{\text{FAME,theo}}$ denotes the maximum theoretical mass of FAME calculated based on the triglyceride content and molecular weight of the feedstock oil.

3. RESULTS AND EVALUATION

3.1. Biodiesel Yield

When the homogeneous (KOH) and heterogeneous (CaO) catalysts used in biodiesel production from safflower (*Carthamus tinctorius*) seed oil were compared in terms of conversion yield, significant differences were observed. In the transesterification experiments conducted with the homogeneous catalyst, a conversion yield of 92.44% was achieved under conditions of 1% KOH (w/w of oil), 20% methanol (v/v of oil), 60 °C reaction temperature, and 60 minutes reaction time. This high yield can be attributed to the complete dissolution of homogeneous catalysts in the solution, which facilitates the interaction between triglyceride molecules and methanol, thereby accelerating mass transfer. In addition, the shorter reaction time provides a major advantage in terms of process efficiency. In contrast, in the transesterification process



carried out with the heterogeneous catalyst (CaO), the methanol-to-oil molar ratio was set at 13:1, catalyst loading at 4% (w/w), reaction temperature at 65 °C, and reaction time at 180 minutes. Under these conditions, a conversion yield of 81.17% was obtained, which is approximately 12.2 percentage points lower than that achieved with the homogeneous method. The main reasons for this lower yield with the heterogeneous catalyst include the more limited mass transfer in solid–liquid systems, diffusion restrictions in accessing the active surface sites of CaO particles, and the fact that the catalyst requires some time to become fully activated during its initial use. The results obtained are consistent with findings reported in the literature. For example, Liu et al. (2008) reported conversion yields of 85–90% for soybean oil using CaO [14], while Granados et al. (2007) obtained similar yields with CaO for sunflower oil [15]. On the other hand, yields exceeding 95% have been reported in many studies with homogeneous base catalysts such as KOH/NaOH [16,17]. However, the use of homogeneous catalysts is associated with additional costs due to product purification requirements and waste generation. From this perspective, the KOH method offers advantages in terms of higher yield and faster reaction, whereas the CaO method stands out with its ease of separation, reusability potential, and sustainability benefits despite providing lower yield. The fact that biodiesels produced with both catalysts complied with ASTM D6751 and EN 14214 standards confirms that safflower oil is a suitable feedstock for biodiesel synthesis using both homogeneous and heterogeneous catalysis. In conclusion, the KOH method is advantageous in terms of high conversion yield and short reaction time; however, additional costs in catalyst separation and purification at the end of the process remain a limitation. Although the CaO method results in lower yield, it offers distinct advantages in terms of easy catalyst separation, reusability, and waste reduction, thereby providing greater environmental sustainability. A comparative yield curve is presented in Figure 2, graphically illustrating the performance difference between the two methods.

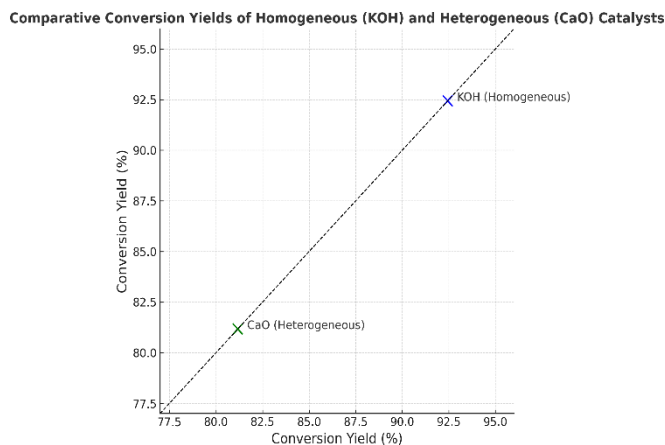


Figure 2. Comparison of biodiesel yields obtained from safflower oil using homogeneous (KOH) and heterogeneous (CaO) catalysts.

3.2. Fuel Properties

The physicochemical characterization results of biodiesels produced by both methods were found to be within the limits prescribed by ASTM D6751 and EN 14214 standards. For KOH-catalyzed biodiesel, the density was 0.878 g/cm³, while for CaO-catalyzed biodiesel it was



0.880 g/cm³, both values falling within the acceptable range of 0.86–0.90 g/cm³. In terms of kinematic viscosity, the biodiesel produced with KOH exhibited a value of 4.45 mm²/s, while that produced with CaO was 4.52 mm²/s; these values were in compliance with the ASTM (1.9–6.0 mm²/s) and EN (3.5–5.0 mm²/s) standards. The flash points of biodiesels produced by the two methods were 165 °C (KOH) and 168 °C (CaO), both well above the minimum requirements, thereby confirming their safe storage potential. The acid values were determined to be 0.34 mg KOH/g for KOH-catalyzed biodiesel and 0.37 mg KOH/g for CaO-catalyzed biodiesel, indicating adequate chemical stability of both fuels. Water contents were 280 mg/kg for KOH biodiesel and 310 mg/kg for CaO biodiesel, both below the 500 mg/kg limit, thus at acceptable levels. In terms of ester content, the KOH-catalyzed biodiesel achieved 97.2%, fully satisfying the EN 14214 standard requirement of ≥96.5%, while the CaO-catalyzed biodiesel reached 96.1%, slightly below the threshold but still consistent with values reported in the literature for CaO-based production. Sulfur contents were 8.5 mg/kg (KOH) and 9.2 mg/kg (CaO), both below the ASTM (≤15 mg/kg) and EN (≤10 mg/kg) limits, demonstrating favorable environmental outcomes. The iodine numbers were 112 and 114 g I₂/100 g oil for KOH- and CaO-derived biodiesels, respectively, both meeting the EN standard requirement of ≤120. Overall, KOH-catalyzed biodiesel was distinguished by its higher esterification degree and lower water content, whereas CaO-catalyzed biodiesel offered advantages such as easier catalyst separation, reusability, and improved environmental sustainability. These results demonstrate that safflower oil biodiesel, whether produced with homogeneous or heterogeneous catalysts, represents a safe and viable fuel alternative that complies with international standards. The comparison of fuel properties is presented in Figure 3.

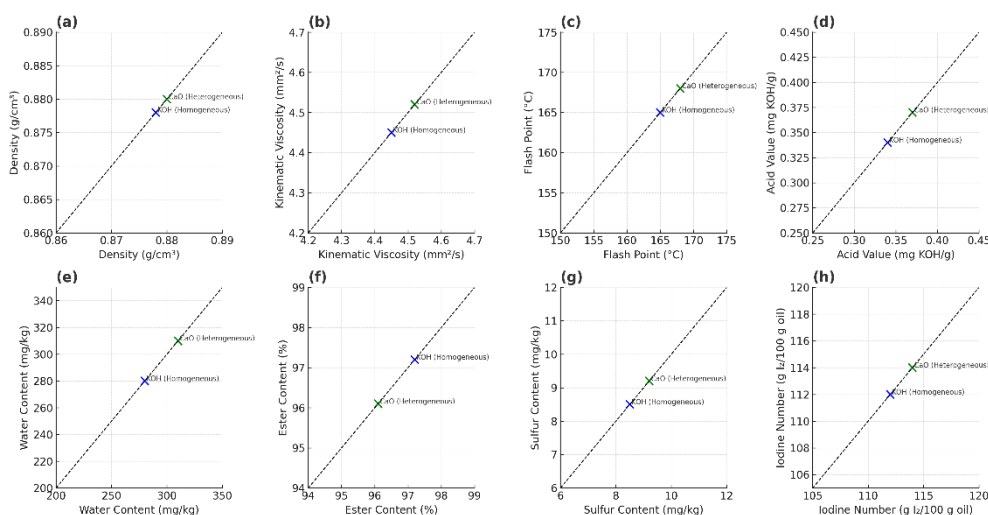


Figure 3. Comparison of fuel properties of biodiesel produced with KOH (homogeneous) and CaO (heterogeneous) catalysts: (a) Density (g/cm³), (b) Kinematic viscosity (mm²/s), (c) Flash point (°C), (d) Acid value (mg KOH/g), (e) Water content (mg/kg), (f) Ester content (%), (g) Sulfur content (mg/kg), and (h) Iodine number (g I₂/100 g biodiesel).

4. RESULTS AND EVALUATION

The results obtained demonstrate that the homogeneous (KOH) catalyst stands out with a high conversion yield (92.44%) and a short reaction time (60 min). In contrast, although the heterogeneous (CaO) catalyst resulted in a lower yield (81.17%), its easy separation at the end



of the reaction, reusability potential, and minimized waste generation provide important environmental advantages. While the KOH method offers higher yields, it also increases process costs due to the formation of large amounts of wastewater and soap; the CaO method, despite requiring a longer reaction time, is advantageous in terms of environmental sustainability. When compared with the literature, the conversion yields obtained with KOH (92–94%) are consistent with values reported in many studies. The yield obtained with CaO (81.17%) falls within the range reported by Liu et al. (2008), who observed 85–90% for soybean oil, and by Granados et al. (2007), who reported similar results for sunflower oil. This outcome can be explained by mass transfer limitations in heterogeneous catalysts and the difficulty of accessing active surface areas. In terms of fuel properties, biodiesels produced by both methods met most of the ASTM D6751 and EN 14214 standard requirements. However, the CaO-catalyzed biodiesel exhibited an ester content of 96.1%, slightly below the EN 14214 minimum requirement of $\geq 96.5\%$. Therefore, it can be concluded that the use of heterogeneous catalysts requires further optimization of operating conditions such as reaction time, temperature, and catalyst activation. In conclusion, while the KOH method is industrially applicable due to its high yield and short reaction time, the CaO method comes to the forefront in terms of sustainability by reducing long-term environmental impacts and enabling catalyst recovery and reuse.

5. GENERAL EVALUATION AND CONCLUSIONS

In this study, a comparative evaluation of homogeneous (KOH) and heterogeneous (CaO) catalysts was carried out for biodiesel production from safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seed oil. Based on the findings: The KOH-catalyzed method achieved a high conversion yield of 92.44% with a short reaction time of 60 minutes. However, the generation of large amounts of wastewater and soap during the purification stage was identified as a limitation that increases process costs. The CaO-catalyzed method, although providing a lower yield of 81.17%, offered significant environmental advantages due to its easy separation, reusability, and reduced waste generation. Biodiesels produced by both methods were found to comply with most requirements of the ASTM D6751 and EN 14214 standards; in particular, density, viscosity, flash point, acid value, sulfur, and iodine numbers were all within acceptable limits. Nevertheless, the ester content of CaO-catalyzed biodiesel (96.1%) was slightly below the EN 14214 minimum requirement of $\geq 96.5\%$, indicating the need for further optimization of reaction conditions in heterogeneous catalysis. In conclusion, while the KOH method is more suitable for industrial-scale biodiesel production due to its high yield and short reaction time, the CaO method stands out in terms of sustainability, offering reduced long-term environmental impacts and catalyst recyclability. These results confirm that safflower seed oil is a suitable feedstock for biodiesel production using both homogeneous and heterogeneous catalysis.

REFERENCE

- [1] Demirbas A. Progress and recent trends in biodiesel fuels. *Energy Convers Manag* 2009; 50:14–34. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enconman.2008.09.001>.
- [2] Balat M, Balat H. Progress in biodiesel processing. *Appl Energy* 2010; 87:1815–35.



- [3] Kaya C, Hamamci C, Baysal A, Akba O, Erdogan S, Saydut A. Methyl ester of peanut (*Arachis hypogea* L.) seed oil as a potential feedstock for biodiesel production. *Renew Energy* 2009;34:1257–60.
- [4] Cetinkaya M, Karaosmanoğlu F. Optimization of base-catalyzed transesterification reaction of used cooking oil. *Energy & Fuels* 2004; 18:1888–95.
- [5] Knothe G. Dependence of biodiesel fuel properties on the structure of fatty acid alkyl esters. *Fuel Processing Technology* 2005; 86:1059–70.
- [6] Granados ML, Poves MDZ, Alonso DM, Mariscal R, Galisteo FC, Moreno-Tost R, et al. Biodiesel from sunflower oil by using activated calcium oxide. *Appl Catal B* 2007; 73:317–26.
- [7] Boz N, Kara M. Solid base catalyzed transesterification of canola oil. *Chem Eng Commun* 2008;196:80–92.
- [8] Heywood J. *Internal combustion engine fundamentals* 2018.
- [9] Kumar V, Singh AP, Agarwal AK. Gaseous emissions (regulated and unregulated) and particulate characteristics of a medium-duty CRDI transportation diesel engine fueled with diesel-alcohol blends. *Fuel* 2020;278:118269.
- [10] Ashok B, Nanthagopal K, Darla S, Chyuan OH, Ramesh A, Jacob A, et al. Comparative assessment of hexanol and decanol as oxygenated additives with *calophyllum inophyllum* biodiesel. *Energy* 2019;173:494–510.
- [11] Energy B-CCG-R. infrastructure. URL: <https://www.TradeGov/Country-Commercial-Guides/Brazil-Renewable-Energy-Infrastructure-0> (Дата Обращения: 2004 2024) 2019.
- [12] Deviren H. Enhancing diesel engine efficiency and emission performance through oxygenated and non-oxygenated additives: A comparative study of alcohol and cycloalkane impacts on diesel-biodiesel blends. *Energy* 2024;307:132569.
- [13] Liu X, He H, Wang Y, Zhu S, Piao X. Transesterification of soybean oil to biodiesel using CaO as a solid base catalyst. *Fuel* 2008;87:216–21.
- [14] Liu X, He H, Wang Y, Zhu S, Piao X. Transesterification of soybean oil to biodiesel using CaO as a solid base catalyst. *Fuel* 2008;87:216–21.
- [15] Granados ML, Poves MDZ, Alonso DM, Mariscal R, Galisteo FC, Moreno-Tost R, et al. Biodiesel from sunflower oil by using activated calcium oxide. *Appl Catal B* 2007;73:317–26.
- [16] Knothe G. Monitoring a progressing transesterification reaction by fiber-optic near infrared spectroscopy with correlation to ¹H nuclear magnetic resonance spectroscopy. *J Am Oil Chem Soc* 2000;77:489–93.
- [17] Knothe G. Monitoring a progressing transesterification reaction by fiber-optic near infrared spectroscopy with correlation to ¹H nuclear magnetic resonance spectroscopy. *J Am Oil Chem Soc* 2000;77:489–93.



[18] Clifton, J., *How to Carry Out a Titration Experiment*, ReAgent Chemicals, 13 October 2021. Available at: <https://www.chemicals.co.uk/blog/how-to-carry-out-titration-experiment> (Accessed: 15.09.2025).



WO₃ İÇEREN DOĞAL MİNERALLERİN GAMA ZIRHLAMA PARAMETRELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Mehtap YALÇINKAYA

İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü,
yalcinm@istanbul.edu.tr - 0000-0002-1133-3308

ÖZET

Doğal radyasyonun yanı sıra, iyonlaştırıcı radyasyonun çeşitli endüstriyel ve tıbbi uygulamalarda yaygın olarak kullanılması nedeniyle yapay radyasyona da maruz kalınmaktadır. Bu zararlı etkilerden korunmanın en etkili yöntemlerinden biri zırhlamadır. Kurşun gibi ağır metaller geleneksel zırhlama malzemeleri olsalar da, maliyetleri, ağırlıkları ve çevresel zararları nedeniyle alternatif malzeme arayışını gerekli kılmaktadır. Bu nedenle oksit camlar, polimerler, katı, sıvı, taş formundaki farklı malzemeler ile alaşımların iyonlaştırıcı radyasyona karşı zırhlama özelliklerine yönelik çalışmalar son yıllarda önemli bir araştırma alanı haline gelmiştir. Önemli endüstriyel hammadde olan, yapılarda sıklıkla kullanılan ve yerkürede bol miktarda bulunan çeşitli minerallerin oluşturduğu doğal taşlar, uygun maliyeti, kolay erişimi ve işlenebilirlikleri sayesinde radyasyon zırhlaması açısından umut vadeden seçeneklerdir. Bu çalışmada, WO₃ içeren üç doğal mineral olan Tungstite, Hydrotungstite ve Liguowuite'in gama radyasyonu zırhlama parametreleri Phy-X/PSD programı kullanılarak 15–15000 keV enerji aralığında incelenmiştir. Hesaplamalar doğrusal zayıflatma katsayısı (LAC), kütleli zayıflatma katsayısı (MAC), ortalama serbest yol (MFP), onda bir değer kalınlığı (TVL) ve yarı değer kalınlığı (HVL) parametrelerini kapsamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Gama radyasyonu zırhlaması, doğal taşlar ve mineraller, Phy-X/PSD, doğrusal zayıflatma katsayısı, kütleli zayıflatma katsayısı, MFP, HVL, TVL.

1. GİRİŞ

Canlılar, doğal radyasyonun yanı sıra endüstri, tarım, tıp, enerji ve benzeri alanlarda yaygın olarak kullanılan iyonlaştırıcı radyasyona da maruz kalmaktadır. İyonlaştırıcı radyasyona yüksek düzeyde



maruz kalmanın yol açabileceği ağır biyolojik zararlardan korunmanın en güvenilir yöntemlerinden biri zırhlamadır. Kurşun gibi yüksek atom numaralı malzemeler veya ağır beton gibi daha ekonomik malzemeler, iyonlaştırıcı elektromanyetik radyasyona karşı kullanılan geleneksel zırhlama malzemeleridir. Ancak kurşun pahalı, ağır ve atık açısından çevreye zararlıdır. Betonun zırhlama özellikleri ise bulunduğu ortamın nem içeriğine bağlı olarak değişmektedir.

Son yıllarda, nükleer radyasyona karşı alternatif, hafif, çevre dostu, düşük maliyetli ve insan sağlığına zarar vermeyen yeni zırhlama malzemelerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar artmıştır. Bu kapsamda, oksit camlar, polimerler, katı, sıvı ve taş formundaki farklı malzemeler ile düşük-orta-yüksek entropili alaşımların, farklı enerjilerdeki gama ışınlarını zayıflatma özellikleri incelenmektedir [1–8]. Zırhlama kapasitesi, doğrusal zayıflatma katsayısı (LAC), kütleli zayıflatma katsayısı (MAC), ortalama serbest yol (MFP), onda bir değer kalınlığı (TVL) ve yarı değer kalınlığı (HVL) hesapları ile değerlendirildi.

Doğal mineraller, taş veya kristal formda bulunmaları, kolay bulunabilirliği, düşük maliyeti, işlenebilirliği ve çevre dostu özellikleri ile nükleer radyasyon zırhlamasında inovatif bir seçenek oluşturmaktadır.

Bu çalışmada, WO_3 içeren üç farklı doğal mineralin (Tungstite, Hydrotungstite ve Liguowuite) 15–15000 keV enerji aralığındaki gama radyasyonuna karşı zırhlama özellikleri Phy-X/PSD [8] yazılımı ile simüle edilmiştir. Doğrusal ve kütleli zayıflatma katsayıları, HVL, TVL ve MFP değerleri belirlenmiştir.

2. HESAPLAMALI ÇALIŞMALAR

2.1. Kullanılan Malzemeler ve Fiziksel Özellikleri

Çalışmada Çizelge 1’de kimyasal bileşimi, bileşiği oluşturan atomların ağırlık oranı ve yoğunluğu (literatürde hesaplanan yoğunluk değerleri esas alınmıştır) verilen doğal mineraller kullanılmıştır. Minerallerin kimyasal bileşimi ve kristalografik bilgileri ilgili literatürden [9–16] alınmıştır.

2.2. Hesaplama Yöntemi ve Parametreler

Hesaplamalarda mineraller homojen ve saf bileşimli katı numuneler olarak kabul edilmiştir. LAC (cm^{-1}), MAC (cm^2/gr), MFP (cm), TVL (cm) ve HVL (cm) değerleri 15–15000 keV aralığındaki gama foton enerjileri için aşağıdaki denklemler kullanılarak hesaplanmıştır:



Beer Lambert Kanunu: $I = I_0 e^{-\mu x}$

$$\text{LAC} (\mu) : \ln\left(\frac{I}{I_0}\right) = -\mu x \quad (\text{cm}^{-1}),$$

$$\text{MAC} (\mu_m) : \mu_m = \frac{\mu}{\rho} \quad (\text{cm}^2/\text{gr})$$

$$\text{MFP} = \frac{1}{\mu} \quad (\text{cm}), \quad \text{TVL} = \frac{\ln(10)}{\mu} \quad (\text{cm}), \quad \text{HVL} = \frac{\ln(1/2)}{\mu} \quad (\text{cm}),$$

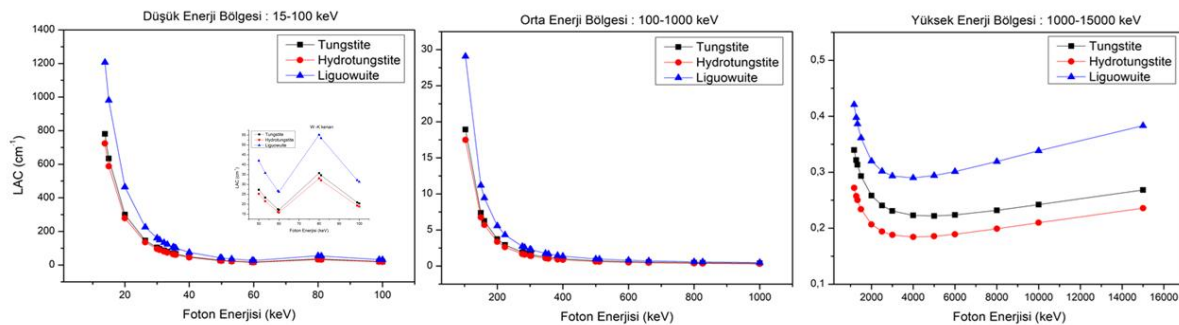
Phy-X/PSD yazılımında bileşiği oluşturan her atomun ağırlık oranı (weight fraction %) göz önüne alınarak simülasyon yapılmıştır.

Çizelge 1. Minerallerin Kimyasal Bileşimi (%) ve Yoğunlukları

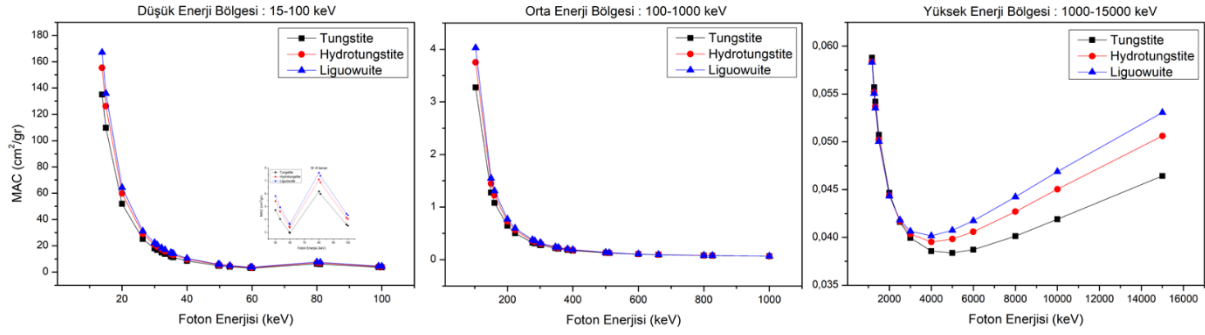
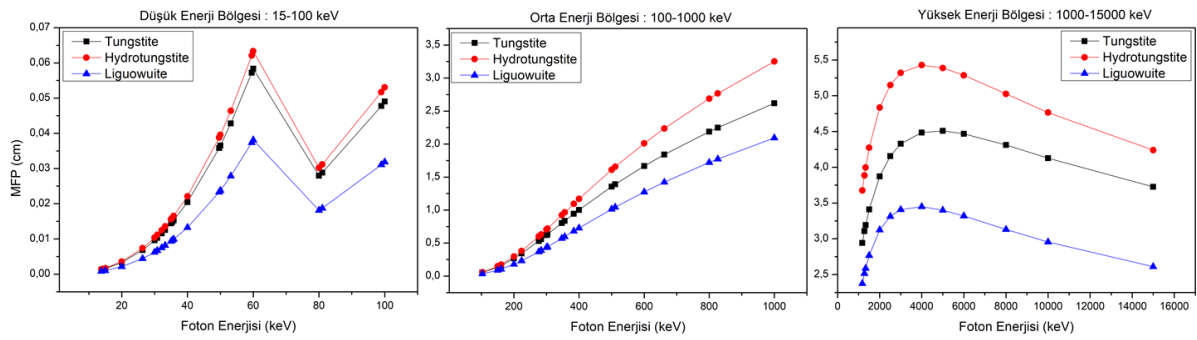
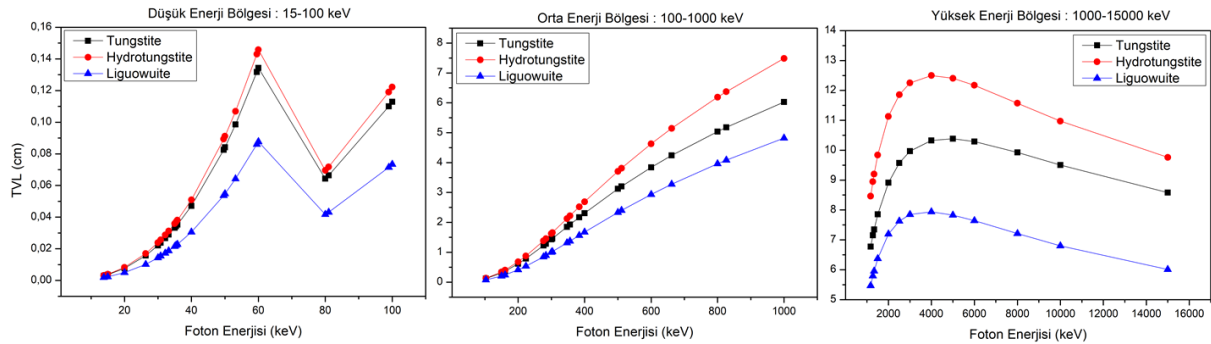
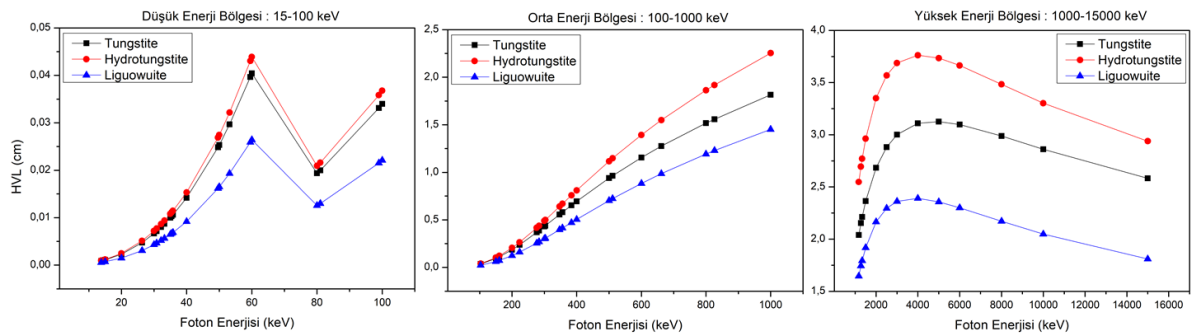
Mineral	TUNGSTITE	HYDROTUNGSTITE	LIGUOWUITE
Kimyasal Formül	WO ₃ .H ₂ O	WO ₃ .2H ₂ O	WO ₃
Yoğunluk (gr/cm ³)	5,78	4,66	7,22
W (%)	73,58	68,63	79,297
O (%)	25,61	29,86	20,703
H (%)	0,81	1,51	---

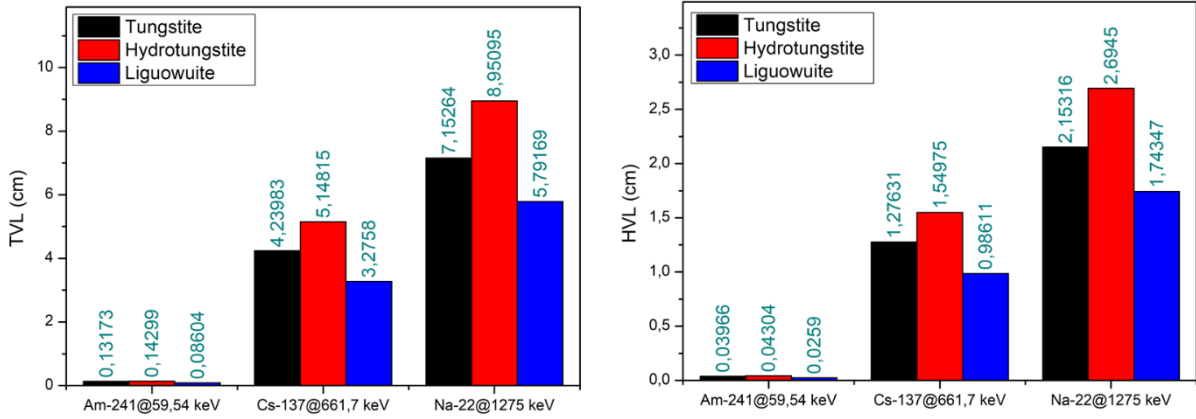
3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Üç farklı WO₃ içeren doğal mineralin (Tungstite, Hydrotungstite ve Liguowuite), düşük (15–100 keV), orta (100–1000 keV) ve yüksek (1000–15000 keV) foton enerjilerindeki zırlama özellikleri LAC, MAC, MFP, TVL ve HVL parametreleri üzerinden ilk defa karşılaştırılmıştır. Görsel 1–5’de bu parametrelerin foton enerjisine bağlı değişimleri görülmektedir. Görsel 6’da düşük, orta ve yüksek enerji bölgeleri için sırasıyla enerjisi ve şiddeti çok iyi bilinen Am–241, Cs–137 ve Na–22 standart gama kaynaklarının TVL ve HVL değerleri karşılaştırılmıştır.



Görsel 1. Foton enerjisine bağlı doğrusal zayıflatma katsayıları (LAC)

**Görsel 2. Foton enerjisine bağlı kütleli zayıflatma katsayıları (MAC)****Görsel 3. Foton enerjisine bağlı ortalama serbest yol (MFP)****Görsel 4. Foton enerjisine bağlı TVL****Görsel 5. Foton enerjisine bağlı HVL**



Görsel 6. Am-241, Cs-137 ve Na-22 radyoizotopları için Tungstite, Hydrotungstite ve Liguowuite minerallerinin HVL ve TVL değerlerinin karşılaştırması

Fotoelektrik olayın baskın olduğu düşük enerji (15–100 keV) bölgesinde, Liguowuite (WO_3) en yüksek LAC ve MAC değerlerine sahip olup, MFP değerleri en düşüktür. Bu durum, Liguowuite'in düşük enerjili gama fotonlarına karşı üç mineral arasında en yüksek zırhlama kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir. HVL ve TVL değerleri ile karşılaştırıldığında, aynı korumayı sağlamak için Tungstite ve Hydrotungstite mineral tabakalarının daha kalın olması gerektiği açıkça görülmektedir. 80 keV civarında K-kabuğu soğurma kenarı gözlemlenmiştir; bu enerjiye karşı beklendiği üzere LAC ve MAC aniden artmakta, HVL ve TVL değerleri azalmaktadır.

Orta enerji (100–1000 keV) bölgesinde Compton saçılması baskındır. Bu bölgede, tüm minerallerin HVL ve TVL değerleri artış göstermektedir. Bu bölgede de Liguowuite en yüksek LAC ve MAC değerlerine sahip olup, MFP değerleri en düşük olarak belirlenmiştir. Cs-137 radyoizotopundan yayılan 661,7 keV enerjili gama fotonlarının şiddetini yarıya düşürmek için Liguowuite yaklaşık 1 cm, Hydrotungstite ise yaklaşık 1,5 cm kalınlığında yeterli zırhlama sağlamaktadır.

Çift oluşum etkisinin baskın olduğu yüksek enerji (1000–15000 keV) bölgesinde HVL ve TVL değerleri belirgin şekilde artmıştır. Özellikle 2–5 MeV civarında maksimum değerler gözlenmiş, daha sonra kısmi bir azalma eğilimi oluşmuştur; bu durum çift oluşum etkisinin devreye girmesi ile açıklanabilir. Hydrotungstite yüksek enerjilerde en büyük HVL ve TVL değerlerini gösterirken, Liguowuite en düşük değerlere sahiptir. Bu, 1,5–2,5 cm kalınlığında Liguowuite'in yüksek enerjili gama ışınlarına karşı bile yeterli bir koruma sağlayabileceğini göstermektedir.



Sonuç olarak WO_3 içeren minerallerde H/O oranının artması (mineralin yapısı daha hidratlı hale gelmesi), malzemenin yoğunluğu azalmakta ve dolayısıyla gama radyasyonuna karşı zırhlama kapasitesi de azalmaktadır. Bu üç mineral arasında 15–15000 keV enerji aralığında Liguowuite (WO_3) en iyi, Hydrotungstite ($WO_3 \cdot 2H_2O$) en zayıf zırhlama performansına sahiptir.

Geleneksel zırhlama malzemesi olarak kullanılan kurşun (Pb), Cs–137 radyoizotopundan yayılan 661,7 keV enerjili gama radyasyonunun şiddetini yarıya indiren kalınlık (HVL) açısından literatürde 0,6–0,7 cm aralığında bildirilmektedir [17,18]. Aynı radyoizotop için Ligouwite, Tungstite ve Hydrotungstite minerallerinin HVL değerleri sırasıyla 0,99 cm, 1,28 cm ve 1,55 cm olarak belirlenmiştir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Doğada kolaylıkla bulunan ve laboratuvar ortamında da yapay olarak üretilen WO_3 içeren bu üç mineralin gama zırhlama kapasitesi ilk defa karşılaştırıldı. Elde edilen sonuçlara göre bu mineraller, sürdürülebilirlikleri, işlenebilirliklerinin kolay olması, düşük maliyetleri ve çevre dostu özellikleri nedeniyle gama radyasyonu zırhlamasında alternatif malzemeler olarak değerlendirilebilir. Bu mineraller, özellikle Liguowuite, düşük ve orta enerji gama fotonlarına karşı yeterli zırhlama kapasitesi sağlamak ve yüksek enerji fotonlara karşı sınırlı kalınlıkta etkili bir koruma sağlamaktadır.

Sonuç olarak, doğal WO_3 mineralleri, çevre dostu ve ekonomik birer zırhlama malzemesi olarak nükleer radyasyon güvenliğinde kullanılabilir ve geleneksel malzemelere alternatif oluşturabilir.

KAYNAKÇA

- [1] AbuAlRoos, J., vd., Conventional and new lead-free radiation shielding materials for radiation protection in nuclear medicine: A review, Radiation Physics and Chemistry, 165, 108439, 2019.
- [2] Kaur, T., Sharma, J., Singh, T., Thickness optimization of Sn-Pb Alloys for experimentally measuring mass attenuation coefficients, Nucl. Energy Tech., 3, 1-5, 2017.
- [3] Kaur, P., Singh, D., Singh, T., Heavy metal oxide glasses as gamma rays shielding material, Nucl. Engg. Des., 307, 364-376, 2016.
- [4] More, C. V., vd., Polymeric composite materials for radiation shielding: a review, Environ Chem Lett., 19(3): 2057–2090, 2021.



- [5] Shamsan, S., vd., Attenuation coefficients and exposure buildup factor of some rocks for gamma ray shielding applications, *Radiation Physics and Chemistry*, 148, 86-94, 2018.
- [6] Taqi, A. H., Khalil, H. J., Experimental and Theoretical Investigation of Gamma Attenuation of Building Materials, *Journal of Nuclear and Particle Physics*, 7(1): 6-13, 2017.
- [7] Gupta, S., Sidhu, G. S., Gamma-Rays Absorption Studies of Garnet series of Gemstones at 1 Kev to 100 GeV: Theoretical Calculation, *IOSR Journal of Engineering*, 04(02), ISSN (p): 2278-8719, 2014.
- [8] Şakar, E., Özpolat, Ö. F., Alım, B., Sayyed, M. I., Kurudirek, M., Investigation on radiation shielding properties of some alloys using Phy-X/PSD software, *Radiation Physics and Chemistry*, 166, 108496, 2020.
- [9] <https://webmineral.com/data/Tungstite.shtml> (Erişim tarihi: 17.09.2025).
- [10] <https://www.mindat.org/min-4054.html> (Erişim tarihi: 17.09.2025).
- [11] <https://next-gen.materialsproject.org/materials/mp-553964> (Erişim tarihi: 17.09.2025).
- [12] <https://webmineral.com/data/Tungstite.shtml> (Erişim tarihi: 17.09.2025).
- [13] <https://www.mindat.org/min-1988.html> (Erişim tarihi: 17.09.2025).
- [14] <https://next-gen.materialsproject.org/materials/mp-1041282> (Erişim tarihi: 17.09.2025).
- [15] <https://ejm.copernicus.org/articles/34/95/2022/> (Erişim tarihi: 17.09.2025).
- [16] <https://www.mindat.org/min-55438.html> (Erişim tarihi: 17.09.2025).
- [17] Hofmann, W., *Lead and Lead Alloys*, Springer, Berlin and Heidelberg, 1970.
- [18] Alsaab, A. H., et al., Study of Prepared Lead-Free Polymer Nanocomposites for X- and Gamma-ray Shielding in Healthcare Applications, *Polymers*, 15(9), 2107, 2023.



SENTIMENT ANALYSIS OF FAKE MEDICAL NEWS USING NAIVE BAYES CLASSIFICATION MODELS

Dr. Laurent Dupont, PHD. Emma Vermeulen

Ghent University, Belgium

Abstract:

With the rise of digital platforms, people often turn to the internet for medical information, making it easier to encounter misleading or harmful content. Sentiment analysis, a technique within natural language processing (NLP), is used to assess the emotional tone of text by categorizing it into positive, neutral, or negative. This study explores the impact of sentiment analysis on the effectiveness of fake medical news detection models using Naive Bayes classification techniques. The dataset for this study includes verified health-related headlines, along with data collected from various social media platforms regarding COVID-19. We performed data preprocessing and tested several vectorization techniques, including Count Vectorization and TF-IDF Vectorization. Three variants of the Naive Bayes classifier—Bernoulli, Multinomial, and Complement—were implemented. To assess the effect of sentiment analysis on classification performance, we compared benchmark Naive Bayes models without sentiment analysis to those with the sentiment feature incorporated. The performance was evaluated using precision and accuracy metrics. The initial Bernoulli model achieved 90% precision and 75.2% accuracy, while the model with sentiment analysis slightly improved precision to 90.4%, but accuracy remained unchanged. The Complement model showed a marginal precision increase of 1.9%. The study concludes that adding sentiment analysis yields a slight precision improvement but does not significantly enhance accuracy. Future research could focus on using more advanced deep learning models to further explore the potential of sentiment analysis in fake news detection.

Keywords: Sentiment analysis, Naive Bayes classification, fake news detection, medical information, natural language processing



LEARNABILITY WITHOUT UNIFORM CONVERGENCE: EXAMINING THE CHALLENGE OF HIGH-DIMENSIONAL LEARNING PROBLEMS

Juan Carlos López, María Teresa Sánchez, Roberto Pérez, Ana María Flores, Luis Fernando García

Ghent University, Belgium

Abstract:

In supervised learning tasks, such as binary classification and regression, learnability is typically linked to the uniform convergence of the hypothesis class. If a problem is learnable, empirical risk minimization (ERM) is a valid approach for solving it. However, this connection breaks down in certain unsupervised learning scenarios, where uniform convergence may not hold. In this work, we explore the problem of learning centers of mass within a high-dimensional space, particularly focusing on cases where some of the coordinates are “activated” within a unit ball of a Hilbert space. We demonstrate that such problems can be learned using a stable Regularized Loss Minimization (RLM) method. We introduce a new family of distributions, characterized by mild conditions, for which the sample complexity of uniform convergence grows logarithmically with the dimension of the Hilbert space. As the dimension approaches infinity, we show that the learning task remains solvable, but uniform convergence fails for a broad class of distributions. This highlights the complexities of learning in high-dimensional spaces and the failure of traditional uniform convergence assumptions in such contexts.

Keywords: Statistical learning theory, high-dimensional learning, uniform convergence, unsupervised learning, regularized loss minimization.



NATIVE LANGUAGE IDENTIFICATION USING CROSS-CORPUS EVALUATION: EXPLORING TWITTER DATA

Amanuel Tesfaye, Selam Kidane, Mebrahtu Berhe

Ghent University, Belgium

Abstract:

Native Language Identification (NLI) is a prominent subfield within Natural Language Processing (NLP) that focuses on predicting the native language of individuals when writing in a second language. This study aims to explore the effectiveness of different feature types in NLI by evaluating content-based features and content-independent features, using social media data from Twitter. For this task, we train predefined models on one corpus (FCE) and test them on a separate corpus (Twitter), assessing the models' performance across corpora. Three different classifiers are applied in this study: baseline, linear Support Vector Machine (SVM), and Logistic Regression. The results indicate that content-based features significantly outperform content-independent features both within the same corpus and across different corpora, highlighting the robustness of content-based features in NLI tasks.

Keywords: NLI, NLP, content-based features, content-independent features, social media corpus, machine learning.



SENTIMENT ANALYSIS IN FINANCIAL MARKETS USING BERT-BASED MODELS

Giorgi Mikautadze, Levan Tsintsadze, Nino Baramidze

Affiliation: Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia

Abstract:

Sentiment analysis is an essential tool in understanding investor behavior and public opinion, particularly in the financial sector. By assessing whether the sentiment in a piece of text is positive, negative, or neutral, sentiment analysis aids in making more informed decisions in financial markets. The application of Natural Language Processing (NLP) in financial contexts requires models that are not only linguistically adept but also domain-specific. Pre-trained models such as BERT have shown considerable success in various NLP tasks due to their ability to learn from large corpora. However, sentiment analysis remains highly domain-dependent, especially in the context of financial markets. With the rise of social media platforms like Twitter and StockTwits, investors and the general public increasingly share real-time sentiments on stocks, commodities, and the economy. To tackle this challenge, a specialized model called SkyBERT was developed, fine-tuned specifically on financial data. This paper demonstrates that SkyBERT outperforms existing models in terms of accuracy and robustness in financial sentiment analysis. The results of extensive experiments validate the superior capabilities of SkyBERT in analyzing social media texts related to financial markets.

Keywords: BERT, financial markets, social media, sentiment analysis, SkyBERT.



THE EVOLUTION OF GRANDCHILD TERMINOLOGY IN ANCIENT NEAR EASTERN INSCRIPTIONS

Nursultan Abdirashov, Amina Zhunusova, Daniyar Turganbekov

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

Abstract:

Ancient Near Eastern civilizations, including the Median and Persian Empires, shared common structural elements, particularly regarding the transfer of political power and cultural influence. This paper examines the linguistic evolution of the term for "grandchild" in the Haji-Abad inscription and compares it with similar terms in Mesopotamian texts. The primary objective is to investigate the linguistic connection between Old Iranian languages and the Mesopotamian languages. The term *puhre(ī)puhr* (meaning "son's son") is analyzed within the context of Indo-European language roots and their influence on the structure of Mesopotamian languages. The research highlights the morphological development of the word from Indo-European roots to New Persian, focusing on its parallel in Sumerian, Akkadian, and Neo-Babylonian languages. The findings suggest that the term's structure in the Haji-Abad inscription reflects potential linguistic influence from Mesopotamian languages. This cross-linguistic comparison offers valuable insights into the cultural and linguistic exchanges between the Iranian and Mesopotamian civilizations.

Keywords: Indo-European, Mesopotamia, *puhre(ī)puhr*, son's son, linguistic evolution.



SOUND INSTANCES AND THE ART OF PERCEPTION IN ACOUSTIC LANDSCAPES

Katarzyna Kowalska, University of Warsaw, Poland

: Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

Abstract:

The sound instance is an essential concept within the field of sound studies, referring to the totality of acoustic experiences in an individual's life. Soundscapes, which encompass the complex array of sounds found in different environments, are pivotal in shaping how people perceive and engage with the world. This research highlights the role of sound in human cognition, offering valuable insights into the process of self-recognition through auditory experiences. Sound instances, as proposed in this study, are categorized into four main components: sound matrix, sound cycles, sound traces, and sound interference. These elements interact to influence the way individuals relate to their surroundings, while also affecting their emotional and psychological states. By exploring the perceptions of volunteers from diverse cultural backgrounds, the study examined how individuals' auditory experiences of the present, past, and future contribute to a deeper understanding of their identity. The findings reveal that sound instances are not only essential for navigating day-to-day activities but also serve as significant markers for personal reflection and memory. In this way, sound environments offer a unique path toward self-awareness and emotional well-being, suggesting that listening and awareness of the soundscape should be incorporated more actively in both individual and collective contexts.

Keywords: Sound instance, soundscape, auditory perception, self-recognition.



A HYBRID THEORETICAL FRAMEWORK FOR EVALUATING MOBILE LANGUAGE LEARNING APPLICATIONS

Ali Hassan Al-Maamouri, Dr. Rana Saeed Abdullah

University of Baghdad, Baghdad, Iraq

Abstract:

This paper investigates the initial step in evaluating mobile language learning applications: selecting an appropriate theoretical framework for evaluation. The challenge lies in choosing a singular framework, as various theoretical approaches can be considered. The primary question is whether the design of language learning apps is based on a specific pedagogical model or, alternatively, integrates various theoretical paradigms, such as mobile-assisted language learning (MALL), m-learning, and theories related to language acquisition. This study argues that the latter scenario is more accurate, suggesting that mobile language learning applications often adopt a hybrid approach, combining elements from different theoretical frameworks. Consequently, the paper proposes that the evaluation of these applications should be based on a hybrid theoretical framework, which incorporates criteria from multiple educational theories relevant to language learning through mobile technology. By adopting this model, the evaluation process would reflect the complex, multifaceted nature of language learning facilitated by mobile applications.

Keywords: Mobile-assisted language learning, m-learning, hybrid theoretical framework, language acquisition, app evaluation.



COMPARING SUMEROGRAMS IN AKKADIAN AND ARAMEOGRAMS IN MIDDLE PERSIAN

Elvin Aliyev, Nigar Mammadova

Azerbaijan University of Languages, Azerbaijan

Abstract:

Ancient scribes often used cuneiform to write Akkadian words, spelling them syllable by syllable. However, they sometimes incorporated Sumerian words in Akkadian texts, as the Akkadians held Sumerian culture in high regard, particularly due to their shared use of the cuneiform script. This distinction between ‘syllabic’ and ‘Sumerographic’ writing forms in cuneiform is central to understanding how Akkadian scribes utilized Sumerian elements. Similarly, the use of Aramaic in the Assyrian empire spread throughout the region, influencing the language and script of the Middle Persian period, where Arameograms appeared in inscriptions. This paper examines the use of Sumerograms in Akkadian texts and Arameograms in Middle Persian, exploring how these two writing systems illustrate a continuity of cultural and linguistic practices. By comparing these forms, the study traces the evolution of written traditions from Akkadian to Middle Persian, highlighting how both Akkadians and the Parthians employed foreign linguistic elements in their inscriptions. The main finding of this research is that just as the Akkadians integrated Sumerian elements into their texts, the Parthians and Sasanians continued this practice by using Arameograms, thus maintaining a consistent cross-cultural writing system.

Keywords: Sumerogram, Akkadian, Aramaic, Middle Persian, Arameogram.



ACCELERATION-BASED MOTION MODEL FOR IMPROVED VISUAL SLAM PERFORMANCE

Ibrahim Oumar, Niazi Zhang, Marwa Ouedraogo, John Kitley

University of Bucharest, Romania

Abstract:

Visual Simultaneous Localization and Mapping (VSLAM) plays a crucial role in robotics, computer vision, and autonomous systems by determining the position of a camera in a dynamic environment while creating a detailed map. Traditional VSLAM systems, such as those using a constant velocity motion model, offer a solid foundation for initial pose estimation and feature matching. However, in real-world applications, the constant velocity assumption often fails to reflect the true motion of the camera, leading to pose estimation errors and reduced accuracy in the overall mapping process. To address this, we propose an acceleration-based motion model, which more accurately accounts for varying velocities in dynamic environments. By decoupling the pose transformation matrix into a rotation matrix and a translation vector, we represent the rotation matrix with a rotation vector to better estimate pose changes. This method assumes that rotational angular velocity and translation vector are constant over short periods. We validate our approach by integrating it into the ORBSLAM3 system and testing it against sequences from the TUM dataset. Our results show significant improvements, with pose estimation accuracy increasing by 6.61% and 6.46% on two test sequences, respectively, demonstrating the effectiveness of the acceleration-based model for enhanced SLAM performance.

Keywords: Error estimation, constant acceleration motion model, pose estimation, visual SLAM.



DESIGN OF AN ELLIPTIC CURVE CRYPTOGRAPHY PROCESSOR FOR HIGH-SPEED APPLICATIONS

Carlos Silva, Maria Oliveira, Wang Wei, James Ochieng

University of Bucharest, Romania

Abstract:

Data encryption plays a crucial role in securing modern communication systems. Enhancing the speed of encryption and decryption is particularly important for high-speed applications. This paper presents a high-performance elliptic curve cryptography (ECC) processor architecture based on the SM2 standard over a prime finite field. We propose several optimizations for hardware implementation, focusing on various stages of the ECC operations. The modular multiplication algorithm is optimized by applying an improved Karatsuba-Ofman technique, which reduces the critical path delay via a pipelined structure. A fast modular reduction algorithm is employed to efficiently handle the 512-bit data output from the multiplication unit. To handle point conversion between affine and projective coordinate systems, we utilize the radix-4 extended Euclidean algorithm. A three-level parallel structure is introduced to accelerate point addition and doubling operations on the elliptic curve, further enhancing scalar multiplication efficiency. This hardware architecture was verified on Xilinx Virtex-7 and ZYNQ-7 platforms, achieving a scalar multiplication operation time of 0.275ms for a 256-bit scalar. The processor outperforms the dual-core ARM Cortex-A9 by a factor of 32 in scalar multiplication operations, demonstrating the effectiveness of the proposed design for high-speed cryptographic applications.

Keywords: Elliptic curve cryptography, SM2, modular multiplication, point multiplication, cryptographic processor.



THE IMPACT OF DIGITAL WORD WALLS ON ENGLISH VOCABULARY ACQUISITION IN SECOND LANGUAGE LEARNERS

Ahmed Zainab, Niazi Ali
University of Nairobi, Kenya

Abstract:

In the context of rapidly advancing educational technologies, online learning has become an integral part of language acquisition, particularly for second language learners. Vocabulary acquisition is fundamental to mastering any language, as it directly influences the learner's overall proficiency. This study investigates the use of a digital Word Wall as an intervention in an online English vocabulary memorization class. The Word Wall, a pedagogical tool that visually displays vocabulary words, aims to enhance the memorization and retention of new terms by leveraging word morphology. In this research, 50 participants, all second language learners, were engaged in a series of ten lessons incorporating the Word Wall technique. The results indicate that while the Word Wall showed a modest impact on long-term word retention, it significantly enhanced immediate recall abilities. The study suggests that extending the duration of the intervention and refining the research design could further amplify the effectiveness of this vocabulary memorization tool.

Keywords: Second language acquisition, vocabulary development, Word Wall, word morphology, online learning.



GENDERED ANIMAL METAPHORS IN THE CONTEXT OF SOUTH AFRICAN LANGUAGES

Matteo Bianchi, Prof. Dr. Isabella Ferrari

University of Bucharest, Romania

Abstract:

Animal metaphors often carry diverse meanings, ranging from affectionate connotations to negative associations, with gendered expressions revealing imbalances. In many cultural contexts, metaphors related to women tend to adopt more negative portrayals, and the reasons behind these gendered biases remain underexplored. This study investigates gender-related animal metaphors within South African languages, specifically focusing on the metaphorical use of "lion" as a gendered expression. Utilizing the South African National Corpus (SANC) as a primary data source, this research examines how the metaphor of "lion" is employed to represent men and women, highlighting the significant disparity in usage. The study confirms that while lions are generally viewed with admiration in male contexts, they are often associated with negative stereotypes in female contexts. This research offers important insights for understanding the broader implications of gendered animal metaphors in African languages, providing valuable data for further studies on metaphorical expressions and their impact on societal perceptions.

Keywords: South African languages, SANC, gendered metaphors, animal symbolism, lions.



COVID-19 ICU CLINICAL NOTES ANALYSIS USING FINE-TUNED NLP MODELS

Farida Nabila, Yassir Mansour, Omar Al-Farsi, Huda Salah

Affiliation: University of Khartoum, Khartoum, Sudan

Abstract:

The integration of Natural Language Processing (NLP) into clinical settings has been a significant advancement in supporting healthcare decision-making. In particular, the application of machine learning to analyze unstructured clinical notes is crucial for understanding patient outcomes, particularly in Intensive Care Units (ICUs) treating COVID-19 patients. Despite their importance in patient care, clinical notes often remain underutilized in research, particularly due to the complexity of extracting meaningful insights from them. This study investigates how NLP techniques can be applied to COVID-19 ICU clinical notes to assist healthcare providers in making informed decisions. We hypothesize that clinical outcomes, such as survival and mortality, play a critical role in determining the sentiment of clinical notes, thereby influencing medical judgments. This paper introduces **COVID_ICU_BERT**, a fine-tuned clinical transformer model designed to predict clinical sentiment in ICU notes for COVID-19 patients. Trained on previously unseen clinical data, this model based on **Bio_ClinicalBERT** outperforms previous models, achieving a prediction accuracy of 93.33% (AUC 0.98, Precision 0.96). Additionally, the use of data augmentation with clinical contextual word embeddings further enhances prediction accuracy to 96.67% (AUC 0.98, Precision 0.92). The results demonstrate the potential of fine-tuned NLP models to improve decision-making processes in critical healthcare environments during the pandemic.

Keywords: NLP, BERT fine-tuning, clinical sentiment, COVID-19, data augmentation.



IMPACT OF MEDITATIVE ART CREATION ON FOREIGN LANGUAGE LEARNING THROUGH BRAIN-COMPUTER INTERFACES

Assis. Prof. Dr. Ivan Dimitrov

Sofia University, Bulgaria

Abstract:

This study investigates the impact of a meditation-based art creation application on enhancing foreign language memory using brain-computer interfaces (BCI). The designed application combines meditation with brain painting to foster creativity, reduce stress, and enhance cognitive function in foreign language learners. A total of 84 participants (42 males and 42 females) were involved in the study to analyze gender-related psychological differences in the process of language acquisition. The application captured meditation and focus-related brain activity, using this data to generate digital artwork that was influenced by the participant's mental state during the meditation. The results revealed significant improvements in language memory, particularly for female participants, who exhibited enhanced retention of foreign language words following three different meditation techniques. Our findings suggest that integrating meditation and creative art exercises through BCIs can improve focus, memory retention, and foreign language acquisition. This study provides valuable insights into the role of meditation in educational technology and its potential for enhancing language learning and cognitive function.

Keywords: Brain-computer interface, meditation, creative art, language learning, cognitive enhancement.

Affiliation: Department of Cognitive Science, University of Lagos, Nigeria



THE ROLE OF MULTILINGUALISM IN ENHANCING EMPLOYABILITY: A COMPARATIVE STUDY IN EUROPEAN COUNTRIES

Tsermaa Bat-Erdene, Naranjargal Enkhbold,

Mongolian State University of Education, Mongolia

Abstract:

This paper explores the growing importance of multilingualism in enhancing employability within the European Union, with a specific focus on how proficiency in foreign languages contributes to professional success. In an increasingly globalized world, multilingualism is no longer an exception but a necessity in the job market. This research examines the relationship between foreign language skills and employability, emphasizing the need for higher education institutions to equip students with the linguistic skills necessary for navigating complex international job markets. The study highlights that businesses across the EU are increasingly seeking employees who can communicate effectively in multiple languages, thus making multilingualism an essential asset for career advancement. Furthermore, the paper examines how EU policies, such as the multilingualism framework developed by the European Commission, encourage young people to master at least two foreign languages to improve their employment prospects. The findings underline the importance of integrating language skills into higher education curricula and fostering partnerships between academic institutions and the private sector to ensure graduates are prepared for the challenges of the global workforce. The research advocates for a proactive approach to bridging qualification gaps and improving cross-cultural communication in the workplace.

Keywords: Employability, multilingualism, language skills, European Union, higher education.



THE ROLE OF MULTILINGUALISM IN ENHANCING EMPLOYABILITY: A COMPARATIVE STUDY IN EUROPEAN COUNTRIES

Baatar Enkhbayar, Sarnai Tsetseg, Altan Bold
Mongolian Academy of Sciences, Mongolia

Abstract:

This paper explores the growing importance of multilingualism in enhancing employability within the European Union, with a specific focus on how proficiency in foreign languages contributes to professional success. In an increasingly globalized world, multilingualism is no longer an exception but a necessity in the job market. This research examines the relationship between foreign language skills and employability, emphasizing the need for higher education institutions to equip students with the linguistic skills necessary for navigating complex international job markets. The study highlights that businesses across the EU are increasingly seeking employees who can communicate effectively in multiple languages, thus making multilingualism an essential asset for career advancement. Furthermore, the paper examines how EU policies, such as the multilingualism framework developed by the European Commission, encourage young people to master at least two foreign languages to improve their employment prospects. The findings underline the importance of integrating language skills into higher education curricula and fostering partnerships between academic institutions and the private sector to ensure graduates are prepared for the challenges of the global workforce. The research advocates for a proactive approach to bridging qualification gaps and improving cross-cultural communication in the workplace.

Keywords: Employability, multilingualism, language skills, European Union, higher education.



REMOVAL OF PENTACHLOROPHENOL THROUGH ADSORPTION AND BIODEGRADATION METHODS

Amina Yusuf

Department of Environmental Science, University of Lagos, Nigeria

Prof. Dr. Samuel Okeke

Faculty of Chemical Engineering, University of Lagos, Nigeria

Abstract

This study investigates the removal of pentachlorophenol (PCP), a persistent and toxic environmental pollutant, through combined adsorption and biodegradation techniques. Various adsorbents including activated carbon and biochar were evaluated for their efficiency in capturing PCP from aqueous solutions. Additionally, specific microbial strains capable of degrading PCP were isolated and applied to enhance the biodegradation process. The combined method demonstrated significantly higher removal rates compared to individual adsorption or biodegradation alone, indicating a synergistic effect. Experimental parameters such as pH, temperature, contact time, and initial concentration were optimized to maximize PCP removal. The study further provides kinetic and isotherm models to describe the adsorption behavior and biodegradation efficiency. Results underscore the potential application of these integrated technologies for sustainable and cost-effective remediation of PCP-contaminated water, contributing to environmental protection and public health.

Keywords: Pentachlorophenol, adsorption, biodegradation, water remediation, activated carbon



FORMULATION AND PHYSICOCHEMICAL EVALUATION OF VAGINAL SUPPOSITORIES CONTAINING LACTOBACILLUS SPECIES

Dr. Sanae Al-Masri

Naveed Ahmad

Faculty of Chemical Engineering, University of Lagos, Nigeria

Abstract

This research focuses on the development of vaginal suppositories incorporating *Lactobacillus* species aimed at restoring and maintaining healthy vaginal flora. The formulation process involved selecting appropriate excipients for optimal delivery, stability, and release of probiotics. Physicochemical properties such as melting point, hardness, disintegration time, and pH were extensively evaluated to ensure suitability and patient compliance. Viability studies of *Lactobacillus* during storage and after dissolution were conducted to confirm probiotic survival. In vitro antimicrobial activity against common vaginal pathogens was also assessed. The study concludes that the developed suppositories exhibit desirable physicochemical characteristics, maintain probiotic viability, and demonstrate potential therapeutic benefits in preventing vaginitis and promoting urogenital health. This novel formulation could serve as an effective and patient-friendly strategy for probiotic delivery in gynecological applications.

Keywords: Vaginal suppositories, *Lactobacillus*, probiotic delivery, physicochemical evaluation, antimicrobial activity



INFLUENCE OF SERICIN CONCENTRATION ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF SILK-BASED FILMS

Niran Namviriyachote

Department of Materials Science, Chulalongkorn University, Thailand

Assoc. Prof. Dr. Piya Aramwit

Faculty of Pharmacy, Chiang Mai University, Thailand

Abstract

This study evaluates the effect of varying sericin concentrations on the physical and mechanical properties of silk-based films intended for biomedical applications. Sericin, a silk protein known for its biocompatibility and antioxidant properties, was incorporated in different ratios and the resultant films were characterized for tensile strength, elongation at break, water absorption, and surface morphology. Increasing sericin content was found to enhance flexibility and hydrophilicity while reducing tensile strength, indicating a trade-off between mechanical robustness and functional performance. Thermal stability and biodegradability assessments further supported the feasibility of these films as resorbable biomaterials. Results suggest an optimal sericin concentration that balances physical integrity with desirable bioactive properties, making these films promising candidates for wound dressing and drug delivery systems.

Keywords: Sericin, silk-based films, mechanical properties, biocompatibility, biomaterials



DEVELOPMENT AND VALIDATION OF AN OPTIMIZED RP-HPLC METHOD WITH FLUORESCENT DETECTION FOR NORFLOXACIN ANALYSIS

Dr. Ghulam Mustafa

Department of Analytical Chemistry, University of Karachi, Pakistan

Mahmood Khilji

Pharmaceutical Research Laboratory, National University of Sciences and Technology,
Pakistan

Abstract

An optimized reversed-phase high-performance liquid chromatography (RP-HPLC) method equipped with fluorescent detection was developed and validated for the precise quantification of norfloxacin in pharmaceutical formulations and biological matrices. The chromatographic conditions, including mobile phase composition, flow rate, and detection wavelengths, were systematically optimized to achieve high sensitivity, selectivity, and reproducibility. Validation parameters such as linearity, accuracy, precision, limit of detection, and limit of quantification met the regulatory guidelines. The method was successfully applied to analyze norfloxacin content in commercial samples and stability studies. This analytical approach provides a reliable tool for quality control and pharmacokinetic investigations, ensuring therapeutic efficacy and safety of norfloxacin products.

Keywords: Norfloxacin, RP-HPLC, fluorescent detection, method validation, pharmaceutical analysis



ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF PLUMERIA ALBA PETAL EXTRACTS AGAINST COMMON PATHOGENS

Dr. Laila Syakira
Brenda Collins

Department of Pharmacognosy, University of Malaya, Malaysia

Abstract

This investigation explores the antibacterial properties of *Plumeria alba* petal extracts against a range of clinically relevant bacterial pathogens. Various solvent extraction methods were employed to obtain bioactive compounds, which were then tested for inhibitory effects using disk diffusion and minimum inhibitory concentration assays. The extracts exhibited significant activity against Gram-positive and Gram-negative bacteria, with certain fractions demonstrating comparable potency to standard antibiotics. Phytochemical screening revealed the presence of flavonoids, alkaloids, and phenolic compounds that may contribute to the antimicrobial effects. These findings endorse *Plumeria alba* petals as a potential natural source for developing novel antibacterial agents, especially in the context of rising antibiotic resistance. Further research into the isolation of active constituents and mechanism of action is recommended.

Keywords: *Plumeria alba*, antibacterial activity, natural extracts, pathogenic bacteria, phytochemicals



AUTOMATED DETECTION OF FALSE ALERTS IN DRUG-DRUG INTERACTION SYSTEMS USING MACHINE LEARNING

Dr. Yan-Jhih Huang

Faculty of Pharmacy, Chiang Mai University, Thailand

Ms. Yu-Chuan Lee

Faculty of Pharmacy, Chiang Mai University, Thailand

Abstract

This study presents a machine learning-based approach for the automated identification of false alerts in drug-drug interaction (DDI) detection systems, which are crucial for patient safety but often generate excessive false-positive warnings. A dataset of known DDIs and expert-labeled false alerts was curated to train and evaluate various supervised learning algorithms. Feature engineering incorporated both pharmacological and clinical data, enhancing model performance. The best-performing models demonstrated high accuracy and specificity in distinguishing true interactions from false alerts. Implementation of this intelligent filtering system can significantly reduce alert fatigue among healthcare providers and improve clinical decision support systems. The approach paves the way for more reliable and efficient medication safety monitoring.

Keywords: Drug-drug interactions, machine learning, false alert detection, clinical decision support, patient safety



COMPARATIVE STUDY OF ANTIBACTERIAL EFFECTS OF ETHANOLIC AND ISOPROPYL-HEXANE EXTRACTS OF ZINGIBER OFFICINALE

Dr. Tahereh Nazari

Department of Pharmacology, Tehran University of Medical Sciences, Iran

Mahsa Jasemi

School of Pharmacy, Shahid Beheshti University, Iran

Abstract

This comparative study evaluates the antibacterial efficacy of ethanolic and isopropyl-hexane extracts of *Zingiber officinale* (ginger) against several pathogenic bacteria. Both extracts were obtained through solvent extraction and tested using standard microbiological assays to determine zones of inhibition and minimum inhibitory concentrations. Results indicated that the ethanolic extract exhibited broader-spectrum antibacterial activity and greater potency compared to the isopropyl-hexane extract. Phytochemical analysis suggested higher concentrations of bioactive compounds such as gingerols and shogaols in the ethanolic extract, possibly explaining its superior effects. These findings support the potential application of ginger extracts as natural antimicrobial agents and encourage further studies on their mechanisms and clinical use.

Keywords: *Zingiber officinale*, antibacterial activity, ethanolic extract, isopropyl-hexane extract, natural antimicrobials



DIFFERENCE IN THE COLOR PREFERENCE BY A GEOGRAPHICAL FACTOR

Kazuko Sakamoto

Kyoto Institute of Technology, Japan

Abstract:

Recently, the design is becoming important in product development. The technology which is a strong point of Japan is immediately caught up by the foreign countries, and the price competition begins. Therefore companies tend to plan differentiation of products by the design or a color. The purpose of my work was to consider the optimal color for using by product development. We needed to clarify the thing leading to color preference for this purpose. Two kinds of investigations were made. By the first investigation, we found out that a geographical factor difference existed in color preference. Then, investigation which regarded the difference as latitude was conducted. However, the result expected from the difference in latitude was not obtained. It seems that it is necessary to set up difference of latitude a little more greatly, or to reexamine by other geographical factors.

Keywords: Color preference, product color, difference of latitude, design marketing, international comparison.



BORIA: A CONVENTIONAL THEATRE IN MALAYSIA

Farideh Alizadeh, Mohd Effindi Samsuddin

University of Art and Architecture

Abstract:

This study is considering Boria as a conventional performance in Malaysia. Boria is a folk performance unique to Penang. This theatre style reached Penang in the mid-19th century and is believed to be derived from the Shia Islamic Passion play performed during the Muslim month of Muharram to commemorate the martyrs of Kerbela. These days in Malaysia (especially Penang) Boria mentions to a choral street performance performed annually by a number of groups composed mostly of Sunni Malaysian. Boria are performed for entertainment and often include an annual singing competition. The size, membership, themes and movements of each Boria troupe may vary from year to year. Similarly, the themes and contents of the Boria performed by the different troupes also changes each year and can have a comical, political or satirical notion. It is common to most groups during the first ten days of Muharram Boria generally is done.

Keywords: Boria, conventional performance, ritual, Passion play, theatre.



THE ROLE OF THE INDIGENOUS LANGUAGES IN POLICY PLANNING AND IMPLEMENTATION: A SOCIOLINGUISTIC APPRAISAL OF THE NATIONAL REBRANDING PROGRAMME OF NIGERIA

Anayochukwu Leonard Okoli

Institute of Management and Technology, (IMT), Enugu, Nigeria,

Abstract:

The nexus between language and culture is so intertwined and very significant that language is largely seen as a vehicle for cultural transmission. Culture itself refers to the aggregate belief system of a people, embellishing its corporate national image or brand. If we conceive national rebranding as a campaign to rekindle the patriotic flame in the consciousness of a people towards its sociocultural imperatives and values, then, Nigerian indigenous linguistic flame has not been ignited. Consequently, the paper contends that the current national rebranding policy remains a myth in the confines of the elitists' intellectual squabble. It however recommends that the use of our indigenous languages should be supported by adequate legislation and also propagated by Nollywood in order to revamp and sustain the people's interest in their local languages. Finally, the use of the indigenous Nigerian languages demonstrates patriotism, an important ingredient for actualizing a genuine national rebranding.

Keywords: Appraisal, Indigenous Languages, Policy, Rebranding.



CITIZENS' PERCEPTIONS TOWARDS E-GOVERNANCE: FIELD STUDY

Alaa-Aldin Abdul Rahim A. Al Athmay

Alaa-Aldin Abdul Rahim A. Al Athmay is with the Department of Management, Marketing and Public Administration Unive

Abstract:

E-governance is an emerging and challenging initiative in developing countries. It is not only concerning the provision of services through the use ICT but rather entails building external interactions with citizen and businesses, enhancing democracy and trust of the political institutions of government. It embraces among other principles, openness, accountability and citizen engagement in public policy process. This study aims at finding users' satisfaction with three chosen dimensions of e-governance, namely: openness, collaborative governance, and participation. These dimensions of e-governance are neither studied before in the context of Arab countries and nor explored earlier in relation to some demographics variables. A study of 900 users of e-government in United Arab Emirates (UAE) was undertaken to examine how gender, age, education, nationality, and employment affect their satisfaction with e-governance. Generally, satisfaction ratings vary significantly with these variables. However, the overall level of satisfaction with the three attributes was less favorable. Knowing the differences of citizen's perceptions towards e-governance services would help policymakers in the design of effective e-governance strategy.

Keywords: E-governance, United Arab Emirates, Citizens' perceptions.



A STUDY OF PRIORITY EVALUATION AND RESOURCE ALLOCATION FOR REVITALIZATION OF CULTURAL HERITAGES IN THE URBAN DEVELOPMENT

Wann-Ming Wey, Yi-Chih Huang

Faculty of Pharmacy, Chiang Mai University, Thailand

Abstract:

Proper maintenance and preservation of significant cultural heritages or historic buildings is necessary. It can not only enhance environmental benefits and a sense of community, but also preserve a city's history and people's memory. It allows the next generation to be able to get a glimpse of our past, and achieve the goal of sustainable preserved cultural assets. However, the management of maintenance work has not been appropriate for many designated heritages or historic buildings so far. The planning and implementation of the reuse has yet to have a breakthrough specification. It leads the heritages to a mere formality of being "reserved", instead of the real meaning of "conservation". For the restoration and preservation of cultural heritages study issues, it is very important due to the consideration of historical significance, symbolism, and economic benefits effects. However, the decision makers such as the officials from public sector they often encounter which heritage should be prioritized to be restored first under the available limited budgets. Only very few techniques are available today to determine the appropriately restoration priorities for the diverse historical heritages, perhaps because of a lack of systematized decision-making aids been proposed before. In the past, the discussions of management and maintenance towards cultural assets were limited to the selection of reuse alternatives instead of the allocation of resources. In view of this, this research will adopt some integrated research methods to solve the existing problems that decision-makers might encounter when allocating resources in the management and maintenance of heritages and historic buildings.

The purpose of this study is to develop a sustainable decision making model for local governments to resolve these problems. We propose an alternative decision support model to prioritize restoration needs within the limited budgets. The model is constructed based on fuzzy Delphi, fuzzy analysis network process (FANP) and goal programming (GP) methods. In order to avoid misallocate resources; this research proposes a precise procedure that can take multi-stakeholders views, limited costs and resources into consideration. Also, the combination of many factors and goals has been taken into account to find the highest priority and feasible solution results. To illustrate the approach we propose in this research, seven cultural heritages in Taipei city as one example has been used as an empirical study, and the results are in depth analyzed to explain the application of our proposed approach.

Keywords: Cultural Heritage, Historic Buildings, Priority Evaluation, Multi-Criteria Decision Making, Goal Programming, Fuzzy Analytic Network Process, Resource Allocation.



RESIDENTIAL SELF-SELECTION AND ITS EFFECTS ON URBAN COMMUTE TRAVELS IN IRANIAN CITIES COMPARED TO US, UK, AND GERMANY

Houshmand E. Masoumi

Faculty of Pharmacy, Chiang Mai University, Thailand

Abstract:

Residential self-selection has gained increasing attention in the Western travel behavior research during the past decade. Many studies in the US, UK, and Germany conclude that the role of individuals' residential location choice on commute travel behavior is more important than that of the built environment or at least it has considerable effects. However the effectiveness of location choice in many countries and cultures like Iran is unclear. This study examines the self-selections in two neighborhoods in Tehran. As a part of a research about the influences of land use on travel behavior information about people's location preferences was collected by direct questioning. The findings show that the main reasons for selecting the location of residential units are related to socio-economic factors such as rise of house price and affordability of house prices. Transportation has little impacts on location decisions. Moreover, residential self-selection accounts for only 3 to 7.5 percent of the pedestrian, PT, and car trips.

Keywords: Residential self-selection, Tehran, travel behavior, urban transportation.



COMPARATIVE ANALYSIS OF MEASURES TO SECURE TWO-WAY EVACUATION ROUTES FOR VULNERABLE PEOPLE DURING LARGE DISASTERS IN A HISTORIC AREA

Nobuo Mishima, Naomi Miyamoto, Yoko Taguchi

Saga University, Saga, Japan.

Abstract:

Historic preservation areas are extremely vulnerable to disasters because they are home to many vulnerable people and contain many closely spaced wooden houses. However, the narrow streets in these regions have historic meaning, which means that they cannot be widened and can become blocked easily during large disasters. Here, we describe our efforts to establish a methodology for the planning of evacuation route sin such historic preservation areas. In particular, this study aims to clarify the effectiveness of measures intended to secure two-way evacuation routes for vulnerable people during large disasters in a historic area preserved under the Cultural Properties Protection Law, Japan.

Keywords: Historic preservation, evacuation route analysis, vulnerable people, street blockade



EVALUATION OF WASTE ENERGY RECOVERY IN GAS SWEETENING PROCESS THROUGH SIMULATION

Meisam Farhani, Hassan Ali Ozgoli, Foad Moghadasi
Académie Libanaise des Beaux-Arts, Lebanon

Abstract:

This study presents a simulation of a gas sweetening process using methyl-di-ethanol-amine (MDEA) solution, aiming to explore the recovery of waste hydraulic energy. The simulation, performed using Aspen HYSYS software, integrates a commercial gas sweetening unit with real-world data from the South Pars Gas Complex (SPGC) for validation. The simulation identifies significant energy potential in the pressure difference between the absorber and regenerator columns, which can be harnessed through a power recovery turbine (PRT). The study further investigates various methods for recovering waste hydraulic energy, proposing strategies for improving overall process efficiency and reducing environmental impact.

Keywords: Gas sweetening, simulation, energy recovery, MDEA, power recovery turbine.



DYNAMIC RESPONSE OF SHIPS TO SUDDEN EXTERNAL FORCES: A STUDY OF STABILITY AND SAFETY

Bo Qasim, Gao Liangtian, Idrees Liu
Académie Libanaise des Beaux-Arts, Lebanon

Abstract:

The dynamics of ships under complex and sudden external forces are crucial for understanding accidents caused by storms and impacts. This study focuses on the movement and stability of vessels under sudden loading changes, such as cargo loading, wind forces, and shifts in cargo position. A system of differential equations of motion is used to model the ship's dynamics and the external forces acting on the hull. The Runge-Kutta method is applied for numerical integration. Results indicate that high-altitude vessels experience lower dynamic deviations under external forces. The study evaluates the risk of ship overturning and flooding under difficult conditions, offering valuable insights into improving ship design for enhanced stability and safety.

Keywords: Ship dynamics, external forces, stability, Runge-Kutta method, flooding risk.



OPTIMIZATION OF AIRCRAFT FUEL CONSUMPTION USING ADAPTIVE WINGLETS: A STUDY ON CESSNA CITATION X

Botez Segui, Bezin Simon, Mihaela Marine
Faculty of Pharmacy, Chiang Mai University, Thailand

Abstract:

This research explores the use of adaptive winglets in the Cessna Citation X to optimize fuel consumption during cruise flights. Unlike traditional fixed winglets, which are optimized for a specific cruise condition, adaptive winglets change shape during flight to match varying altitudes and conditions. This study develops a methodology to determine the optimal positions of adaptive winglets for each flight condition, with the aim of reducing drag and improving fuel efficiency. The winglet's design parameters, including tip chord, sweep, and dihedral angles, are adjusted to enhance performance. Simulation results show that adaptive winglets can reduce fuel consumption by up to 2.12%, highlighting their potential for improving the aerodynamic efficiency of aircraft.

Keywords: Adaptive winglets, Cessna Citation X, fuel consumption, aerodynamics, morphing wing.



ENHANCING MORPHODYNAMICS SIMULATION WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN SHALLOW WATER FLOWS

S. K. Nguyen, T. A. Zhao
Fujian University of Technology, China

Abstract:

Modeling sediment transport in shallow water flows presents significant challenges due to the complexity of fluid-sediment interactions and bed topography. This study integrates a hybrid numerical approach combining traditional depth-averaged models with an artificial neural network (ANN) to simulate sediment transport processes more accurately. A fully coupled shallow water model is used, incorporating a first-order scheme to solve the governing equations for flow and sediment continuity. For sediment discharge estimation, an artificial neural network (ANN) trained using empirical data replaces conventional formulas, offering a more precise approach to sediment transport modeling. The proposed model is tested under various flow conditions, including transcritical flows, flow discontinuities, and non-prismatic channels, demonstrating its ability to handle complex flow and sediment transport scenarios. The integration of the ANN not only improves the model's performance but also reduces computational time, making it a promising tool for simulating real-world morphodynamic problems, such as dam-break flows in alluvial channels. This approach proves to be effective in capturing flow discontinuities and wetting/drying phenomena in both complex geometries and movable bed conditions.

Keywords: Artificial Neural Network, Sediment Transport, Morphodynamic Modeling, Shallow Water Equations



BIOINSPIRED DESIGN FOR AIRFOIL PERFORMANCE OPTIMIZATION USING HUMPBACK WHALE FLIPPER STRUCTURE

P. H. Zhang
University of Nairobi, Kenya

Abstract:

The bioinspired design of airfoils has garnered attention for improving aerodynamic performance, particularly in reducing drag and enhancing lift. Drawing inspiration from the humpback whale flipper, this research proposes a meta-model for optimizing wing planform design with a wavy leading edge. A cascade-forward artificial neural network (ANN) is employed to analyze the effects of sinusoidal leading-edge configurations on the aerodynamic performance of the wing. The trained ANN model is coupled with a genetic algorithm (GA) to optimize the wing geometry. The performance of both an optimized rectangular wing and a bioinspired flipper-shaped airfoil is evaluated using computational fluid dynamics (CFD) simulations, employing the Lam-Bremhorst low Reynolds number turbulence model. Lift and drag coefficients are calculated, and the flow physics around the airfoils are analyzed. The results demonstrate the effectiveness of the proposed design methodology, showing improvements in aerodynamic performance, particularly in reducing drag at lower Reynolds numbers. This study provides a fast and reliable design tool for preliminary wing design with wavy leading edges, offering potential benefits in applications ranging from aviation to renewable energy.

Keywords: Bioinspired Design, Artificial Neural Network, Aerodynamics, Wing Planform Optimization



OPTIMIZING BEARING TOLERANCES FOR ENHANCED FATIGUE LIFE IN WASHING MACHINE COMPONENTS

M. A. Santos

Faculty of Pharmacy, Chiang Mai University, Thailand

Abstract:

Fatigue failure in critical components of washing machines, such as the drum shaft, can lead to costly repairs and performance issues. This study explores the optimization of tolerance grades between the drum shaft and its bearings to improve fatigue life and reduce maintenance costs. A multibody dynamic model of the washing machine is developed to calculate dynamic loading on the shaft and bearings, followed by finite element analysis to determine stress distribution. The relationship between fatigue life and tolerance bands is established, with optimization techniques applied to find the ideal tolerance grades for extended component life. Experimental data is used to validate the numerical predictions, ensuring the reliability of the model. This study highlights the importance of precise tolerance control in reducing wear and tear on dynamic components, ultimately improving the durability of washing machines. The optimized tolerance grades result in an enhanced fatigue life for the drum shaft and bearings, contributing to better performance and reduced failure rates.

Keywords: Fatigue Life, Bearing Tolerances, Finite Element Analysis, Dynamic Loading



USING CELLULOSE NANOMATERIALS AS ECO-FRIENDLY LUBRICANTS IN INDUSTRIAL APPLICATIONS

Prof. Dr. Mohammed Abed

University of Baghdad, Iraq

Abstract:

The demand for sustainable lubricants has led to the exploration of natural materials as alternatives to conventional petroleum-based products. This study investigates the use of cellulose nanocrystal (CNC) suspensions as water-based lubricants for slurry pump gland seals. The tribological performance of CNC suspensions was evaluated through tribometer testing, measuring the coefficient of friction between stainless steel shafts and gland seal packing materials. The addition of CNC suspensions significantly reduced friction and wear, as the aligned nanoparticles acted as lubricating agents. The suspension's chiral nematic liquid crystal properties were observed under high concentrations, contributing to enhanced lubrication in boundary conditions. The results were compared to conventional lubricants, demonstrating that CNC suspensions offer a viable, environmentally friendly alternative for water-based lubrication in industrial applications. This research provides insights into the potential of CNC as an additive in reducing wear and improving the efficiency of mechanical systems such as slurry pumps.

Keywords: Cellulose Nanocrystals, Water-Based Lubricants, Tribology, Sustainable Lubrication



SELECTIVE REMOVAL OF CARBAMAZEPINE FROM AQUEOUS SOLUTIONS USING MOLECULAR IMPRINTED POLYMERS (MIPS)

Chen Wei, Anika Luo, Kang Hong, Zhao Mei

University of Science and Technology, Qingdao, China

Abstract:

The removal of trace contaminants from water systems, especially pharmaceuticals like carbamazepine, has become an urgent environmental concern. This study investigates the use of molecularly imprinted polymers (MIPs) to selectively extract carbamazepine from aqueous solutions. The MIPs were synthesized by polymerizing methacrylic acid (MAA) as the monomer, toluene as the porogen, and a crosslinker in various ratios. The most effective MIP was produced with a template-to-crosslinker ratio of 1:20. The optimized MIPs showed a high carbamazepine recovery rate of 93% from a landfill leachate containing caffeine and salicylic acid. A comparative study revealed that non-imprinted polymers (NIPs) achieved only 75% recovery under similar conditions. Further, the MIPs demonstrated a significantly higher adsorption capacity (93-96%) compared to activated carbon (73%). The selected MIPs also exhibited good reusability for at least five cycles, proving their efficiency for long-term applications. These findings emphasize the potential of MIPs for the selective removal and recovery of carbamazepine from contaminated waters.

Keywords: Carbamazepine, molecularly imprinted polymers, water purification, adsorption, reusability.



OPTIMIZATION OF RP-HPLC FLUORESCENT DETECTION FOR NORFLOXACIN IN HUMAN PLASMA

Amira Ahmed, Faisal Ali, Omar Razaq, Sara Khan

Institute of Chemical Engineering, Cairo University, Egypt

Abstract:

A novel reverse-phase high-performance liquid chromatography (RP-HPLC) method with fluorescent detection has been developed and optimized for the quantification of Norfloxacin in human plasma. Several parameters were tested, including mobile phase composition, extraction methods, and detection wavelengths. The optimized mobile phase was composed of 14% acetonitrile in a buffer solution of citric acid, sodium acetate, and triethylamine. The RP-HPLC system was equipped with a C18 column and operated with fluorescence detection at excitation and emission wavelengths of 330 nm and 440 nm, respectively. A calibration curve was established, showing linearity within the concentration range of 0.156–20 µg/mL. The assay demonstrated a detection limit of 0.078 µg/mL, with excellent precision and accuracy. The method proved to be rapid, with a retention time of 0.99 minutes, making it suitable for pharmacokinetic studies. The developed method holds great promise for Norfloxacin monitoring in clinical and pharmaceutical settings.

Keywords: Norfloxacin, RP-HPLC, fluorescent detection, pharmacokinetics, analytical method.



ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF PLUMERIA ALBA PETALS EXTRACTS

Lina Mejia, Carlos Hernandez, Rachelle Kumar

Institute of Chemical Engineering, Cairo University, Egypt

Abstract:

The methanolic extracts of *Plumeria alba* (Frangipani) petals were evaluated for their antibacterial activity against various pathogenic bacteria, including *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, and *Klebsiella pneumoniae*, using the disk diffusion method. The highest antibacterial activity was observed with 80% extract concentration, particularly against *Escherichia coli*, which showed a 14.3 mm inhibition zone. Additionally, significant antibacterial effects were noted against *Staphylococcus saprophyticus*, *Proteus vulgaris*, and *Serratia marcescens*, though not exceeding the inhibition zones of positive control antibiotics. Notably, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Enterococcus faecalis* were resistant to the extract. The antibacterial efficacy of Frangipani extracts was comparable to Streptomycin, indicating its potential as an antimicrobial agent. The findings suggest that *Plumeria alba* has promising antibacterial properties, especially against Gram-negative bacteria like *Escherichia coli*.

Keywords: *Plumeria alba*, antibacterial activity, antimicrobial, *Escherichia coli*, natural products.



PREVENTING FALSE ALERTS IN DRUG-DRUG INTERACTION ALERT SYSTEMS

Naomi Takahashi, Kenzo Ito, Satoshi Tanaka

Graduate School of Health Informatics, Kyoto University, Japan

Abstract:

The high rate of false alerts in drug-drug interaction (DDI) alert systems presents significant challenges to healthcare providers. This study aims to identify and reduce false alerts by employing proactive identification strategies. The research involved a retrospective analysis of prescription databases using MySQL and Java to calculate false alert rates. The results indicated a false alert rate of 17%, with hospitals experiencing a higher rate (37%) than clinics. The study emphasizes the importance of not only detecting drug names in the alerts but also considering drug frequency, route of administration, and patient-specific factors to reduce false alerts. The findings suggest that refining DDI systems through these proactive measures can enhance their accuracy, leading to more effective clinical decision-making and improved patient safety.

Keywords: Drug-drug interaction, false alerts, healthcare informatics, alert systems, clinical decision support.



IMPACT OF OIL PALM DEVELOPMENT ON WILDLIFE: LOCAL DAYAK PERSPECTIVES

Rina Alatas, Tarek Omar, Fadiha Yusof

School of Environmental Science, University of Aceh, Indonesia

Abstract:

This study investigates the impact of oil palm plantation development on local wildlife from the perspective of the Dayak indigenous communities in West Kalimantan, Indonesia. The research focuses on the communities around the NTYE oil palm plantation, examining their perceptions of wildlife loss or gain due to plantation expansion. Surveys were conducted with 74 respondents using structured interviews and Likert-scale assessments. Findings reveal that while the Dayak community has observed changes in wildlife populations, these alterations have had minimal impact on their cultural and economic activities, as they have adapted through alternative resources. The study also found that education level was a significant determinant in shaping the community's perceptions of wildlife changes. The research highlights the complex relationship between indigenous communities and biodiversity in the context of large-scale agricultural development.

Keywords: Oil palm, Dayak community, biodiversity, indigenous knowledge, wildlife conservation.



ADDRESSING WATER SCARCITY IN SAUDI ARABIA: STRATEGIES FOR SUSTAINABLE MANAGEMENT

Ahmed Ghanim, Laila Al-Harbi

Department of Environmental Sciences, Masinde Muliro University, Kenya

Abstract:

Saudi Arabia faces a growing water crisis, with agriculture consuming approximately 87% of the country's water resources. This study reviews the current challenges in water management in Saudi Arabia and suggests strategies for sustainable solutions. The use of treated wastewater for irrigation remains limited despite its potential for expansion. This research proposes an integrated water management plan, emphasizing the reuse of municipal wastewater and improving current water management practices. The study also explores the potential for expanding non-conventional water sources, such as desalination, to meet agricultural demands. The research concludes that a sustainable solution to the water crisis in Saudi Arabia requires a multi-pronged approach that combines better resource management, the development of alternative water supplies, and the promotion of water conservation practices.

Keywords: Water crisis, Saudi Arabia, water management, treated wastewater, agriculture.



EVALUATION OF SHEAR STRENGTH PARAMETERS OF AMENDED LOESS USING COMMON ADMIXTURES IN NORTHERN CHINA

Dr. Li Wei

Institute of Geotechnical Engineering, Beijing University of Technology, China

Prof. Jun Zhang

Department of Civil Engineering, Tsinghua University, China

Mr. Minghao Chen

School of Environmental Sciences, Peking University, China

Abstract

This research aims to address the critical issue of soil instability in Northern China's loess regions by evaluating the efficacy of commonly used admixtures such as cement, lime, and fly ash in improving shear strength parameters of loess soil. A comprehensive series of laboratory experiments were conducted involving triaxial shear tests to measure the influence of these additives on key parameters like cohesion and internal friction angle. The study also considered the impact of curing duration on the development of soil strength, demonstrating significant improvements with longer curing periods. Microscopic analyses were performed to reveal the structural changes within the soil matrix, showing enhanced particle bonding and pore filling due to admixture integration. The findings offer valuable insights into sustainable soil stabilization techniques, which are imperative for safe construction and slope stabilization in areas dominated by collapsible loess soils. This study provides a practical reference for geotechnical practitioners to optimize amendment strategies and improve infrastructure resilience in vulnerable terrain.

Keywords: shear strength, loess soil, soil stabilization, admixtures, Northern China



CLOUD-BASED DEVELOPMENT OF BIM SOFTWARE FOR SMART CONSTRUCTION MANAGEMENT

Assoc. Prof. Dr. Hana Park

Department of Civil Engineering, Korea University, South Korea

Lecturer Ji-Hoon Lee

School of Architecture, Seoul National University, South Korea

Abstract

This paper explores the development of a state-of-the-art cloud-based Building Information Modeling (BIM) platform designed to revolutionize smart construction management. By leveraging cloud computing capabilities, the software provides real-time collaboration tools, efficient data sharing, and comprehensive project monitoring functionalities for improved workflow coordination. The system was tested in live construction settings, demonstrating enhanced project efficiency, reduced error rates, and optimized allocation of resources. Challenges such as data security, system interoperability, and user experience were critically examined, and scalable solutions were proposed to facilitate adoption across the industry. The platform advances digital transformation in construction by bridging communication gaps among stakeholders and fostering efficient project delivery on a global scale. This study underscores the role of cloud-integrated BIM as an essential driver for future-ready construction management.

Keywords: BIM, cloud computing, smart construction, digital collaboration, project management



FINITE ELEMENT SIMULATION AND PARAMETERIZATION OF C-SHAPE ELECTROMAGNETS FOR MATERIALS CHARACTERIZATION

Dr. Carlos Ramirez

Mr. Felipe Gonzalez

School of Architecture, Seoul National University, South Korea

Abstract

Addressing critical design challenges in magnetic material characterization, this research presents a detailed finite element method (FEM) simulation and parameterization of C-shape electromagnets. The study models complex electromagnetic and thermal fields to optimize sensor performance and ensure operational stability. Validation of simulation results against experimental data confirmed the precision of the modeled parameters. Through this investigation, key factors affecting magnetic field uniformity and thermal management were identified, enabling productive guidelines for electromagnet design improvements. The results contribute to enhanced reliability in non-destructive material testing and pave the way for next-generation electromagnet technologies essential for various industrial applications.

Keywords: finite element method, electromagnets, magnetic characterization, material testing, simulation



THERMAL CONVECTION ANALYSIS IN LIGHT WEIGHT TIMBER STRUCTURES WITH MINERAL WOOL INSULATION

Dr. Emily Wilson

Prof. James Clark

School of Architecture, Seoul National University, South Korea

Abstract

This investigation comprehensively analyzes thermal convection patterns in lightweight timber-framed construction systems insulated with mineral wool using computational fluid dynamics (CFD). The study examines the interaction of heat transfer and convective airflows within cavity-insulated walls under different thermal gradients and environmental conditions. Mineral wool's capacity to suppress convective heat loss was quantified, leading to improved thermal energy efficiency and occupant comfort. The influence of insulation thickness, installation quality, and building design parameters on convection dynamics was explored, providing actionable insights for architects and engineers seeking energy-efficient building envelopes. The findings emphasize the importance of precise insulation design for sustainable wooden construction and improved climate responsiveness.

Keywords: thermal convection, timber structures, mineral wool, insulation, heat transfer



IDENTIFICATION AND PRIORITIZATION OF CONSTRUCTION SITE SAFETY ISSUES: A MULTI-PERSPECTIVE ANALYSIS

Dr. Ying Chen

School of Safety Engineering, Shanghai Jiao Tong University, China

Ms. Hui Zhang

Department of Civil Engineering, Fudan University, China

Abstract

This comprehensive study addresses construction site safety challenges by capturing the perspectives of multiple stakeholder groups, including laborers, engineers, and management personnel. Utilizing multi-criteria decision-making (MCDM) techniques, the research quantitatively assessed and ranked hazards based on their severity, frequency, and controllability. The study uncovered significant variations in hazard perception among stakeholders, highlighting the need to consider diverse viewpoints in safety planning. Strategic recommendations were formulated to improve safety communication, policy enforcement, and proactive risk management tailored to prioritized hazards. The work advances the understanding of construction safety dynamics and advocates for collaborative approaches to accident prevention and safe work environments.

Keywords: construction safety, hazard prioritization, risk management, multi-stakeholder analysis, occupational health



STABILITY OPTIMIZATION OF FUNCTIONALLY GRADED PIPES UNDER FLUID FLOW CONDITIONS

Mr. Fares Al-Masri

Professor Layla Haddad

Mechanical Engineering Department, American University of Beirut, Lebanon

Abstract

This numerical study investigates the mechanical stability of functionally graded material (FGM) pipes exposed to internal fluid flow stresses. By implementing fluid-structure interaction modeling, the research explores the interplay between graded material properties and fluid dynamic forces influencing buckling resistance. Results reveal optimal grading configurations that improve the pipe's load-bearing capacity and stability under varying flow conditions. Sensitivity analyses detail the influence of fluid velocity and pressure on structural response, guiding design improvements for industrial applications requiring enhanced safety and durability. The findings support advancements in engineering materials and structural design for harsh operational environments.

Keywords: functionally graded materials, pipe stability, fluid-structure interaction, buckling, optimization



OPTIMAL DESIGN OF LAUNCHING NOSE IN INCREMENTAL LAUNCHING OF CONTINUOUS BRIDGES

Dr. Wei Chen

Department of Bridge Engineering, Tongji University, China

Abstract

This study aims to optimize the design parameters of the launching nose used in incremental launching of continuous bridges, focusing on reducing bending moments and structural deformation throughout the launching process. Applying finite element methods combined with optimization algorithms, the research identifies precise geometric configurations that distribute stresses more effectively, thereby prolonging structure lifespan and ensuring safety. The study provides detailed engineering guidelines to improve construction efficiency, reduce potential damage during launching, and lower associated costs. The results contribute valuable insights to the field of bridge engineering and adjacent construction technologies.

Keywords: incremental launching, launching nose, bridge construction, finite element analysis, structural optimization



APPLICATION OF STREAMLINED MATERIAL ACCOUNTING TO ENVIRONMENTAL IMPACT ESTIMATION

Lecturer Paul Armstrong

Mechanical Engineering Department, American University of Beirut, Lebanon

Abstract

This study develops a streamlined and efficient approach to material accounting that facilitates rapid and reliable environmental impact assessments in manufacturing and processing industries. By concentrating on dominant material flows and primary emission sources, this method reduces the complexity and time required to evaluate environmental footprints without sacrificing accuracy. Case studies demonstrate the technique's applicability in optimizing resource utilization and minimizing ecological impacts across multiple sectors. The findings advocate adoption of streamlined material accounting as a core element of sustainable production management and environmental compliance strategies.

Keywords: material accounting, environmental impact, sustainability, resource management, impact assessment



ONE-POT FACILE SYNTHESIS OF N-DOPED GRAPHENE FROM PARA-PHENYLENEDIAMINE AS METAL-FREE CATALYSTS FOR OXYGEN REDUCTION IN ALKALINE FUEL CELLS

Dr. Amina Adeyemi

Department of Chemical Engineering, University of Lagos, Nigeria

Kwame Mensah

Faculty of Science, University of Ghana, Ghana

Thandi Mokoena

School of Chemistry, University of Cape Town, South Africa

Abstract

This study presents a facile one-pot synthesis method for nitrogen-doped graphene (N-graphene) derived from para-phenylenediamine, aiming to develop highly efficient metal-free catalysts for oxygen reduction reactions (ORR) in alkaline fuel cells. The synthesized N-graphene was characterized through various techniques to evaluate its morphological, structural, and electrochemical properties. The nitrogen doping was confirmed to significantly enhance the catalytic activity by improving the electron density and creating active sites on the graphene surface. Electrochemical analysis demonstrated superior ORR performance of the N-graphene catalyst compared to conventional metal-based catalysts, displaying excellent stability and durability in alkaline media. This metal-free catalyst not only addresses cost and resource issues linked with precious metals but also exhibits potential for large-scale fuel cell applications. The simple synthesis approach offers scalability and green chemistry benefits, making it a promising candidate in sustainable energy conversion technologies.

Keywords: N-doped graphene, oxygen reduction reaction, metal-free catalyst, alkaline fuel cells, para-phenylenediamine



MATERIAL SELECTION FOR FOOTWEAR INSOLES USING ANALYTICAL HIERARCHICAL PROCESS

Assis. Prof. Dr. Rajesh Singh
Dr. Priya Nair

Centre for Materials Research, National University of Singapore, Singapore

Abstract

This research applies the Analytical Hierarchical Process (AHP) to optimize material selection for footwear insoles, considering multiple criteria including comfort, durability, cost, and environmental impact. The study systematically evaluates a range of materials commonly used in insole manufacturing through pairwise comparisons and hierarchical decision modeling, allowing for quantifiable prioritization of material attributes. Experimental validation was conducted by assessing key parameters such as shock absorption, breathability, and wear resistance for the top-ranked materials. Results indicate that the AHP approach effectively balances conflicting criteria, enabling selection of materials that maximize user comfort while meeting performance and sustainability goals. The findings encourage manufacturers to implement structured decision-making tools in product development, enhancing customer satisfaction and ecological footprint reduction.

Keywords: Material selection, footwear insoles, Analytical Hierarchical Process, comfort, durability



EFFECTS OF TEST ENVIRONMENT ON SLIDING WEAR BEHAVIOR OF CAST IRON, ZINC-ALUMINUM ALLOY, AND THEIR COMPOSITES

**Dr. Fahad Ahmad
Imran Sheikh**

Centre for Advanced Materials Research, National University of Sciences and Technology,
Pakistan

Abstract

This experimental study investigates how different testing environments influence the sliding wear behavior of cast iron, zinc-aluminum alloy, and their composite materials. Wear tests were carried out under varying conditions including dry, lubricated, and corrosive mediums to explore the degradation mechanisms and frictional performance. Surface morphology and wear debris analyses were employed to understand material interaction with test environments. The study found that environmental factors significantly alter wear rates and modes, with lubricated conditions consistently reducing wear, while corrosive environments accelerated material degradation. Notably, composites demonstrated enhanced wear resistance across conditions due to synergistic effects of constituent phases. These insights provide crucial guidance for material application in mechanical systems subjected to diverse operational environments.

Keywords: Sliding wear, test environment, cast iron, zinc-aluminum alloy, composites



PREDICTION OF CUTTING TOOL LIFE IN DRILLING REINFORCED ALUMINUM ALLOY COMPOSITES USING A FUZZY LOGIC APPROACH

Assoc. Prof. Dr. Sameer Malik

Faculty of Mechanical Engineering, University of Engineering and Technology, Lahore,
Pakistan

Abstract

This paper explores the use of fuzzy logic modeling to predict the life expectancy of cutting tools during drilling operations on reinforced aluminum alloy composites. The complex interactions between machining parameters and tool wear progression challenge conventional prediction methods. Fuzzy logic offers a flexible, rule-based approach to handle uncertainties in input parameters such as feed rate, spindle speed, and reinforcement content. Experimental data were collected and used to train and validate the model, showing a strong correlation between predicted and observed tool life. The approach enables improved tool selection and process optimization, reducing costs and downtime in composite machining industries.

Keywords: Cutting tool life, drilling, aluminum alloy composites, fuzzy logic, machining parameters



MATERIAL SELECTION FOR MANUAL WINCH ROPE DRUM APPLICATIONS

Dr. Joseph Kamau

Department of Mechanical Engineering, University of Nairobi, Kenya

Brian Okello

Engineering Research Centre, Strathmore University, Kenya

Samuel Muriuki

Materials Innovation Institute, Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology,
Kenya

Abstract

This study presents a comprehensive material selection framework for manual winch rope drum applications, combining mechanical performance, corrosion resistance, manufacturability, and cost-effectiveness criteria. Materials commonly used in rope drums were evaluated through multi-criteria decision-making techniques supported by laboratory testing and field data. The optimal selection balances strength, toughness, and wear resistance requirements while considering environmental exposure challenges. The study's recommendations aim to improve the operational reliability and lifespan of winch rope drums in diverse industrial settings, contributing to safer and more efficient mechanical system design.

Keywords: Material selection, winch rope drum, multi-criteria decision-making, mechanical properties, durability



UV-CURED COATINGS BASED ON ACRYLATED EPOXIDIZED SOYBEAN OIL AND EPOXY CARBOXYLATE

Assis. Prof. Khalid Al-Mansoori

Lecturer Lina Barakat

Assoc Prof. Dr. Hana Saad

Department of Polymer Science, Cairo University, Egypt

Abstract

This research develops UV-cured coatings synthesized from acrylated epoxidized soybean oil and epoxy carboxylate, aiming to produce environmentally friendly, high-performance surface finishes. Characterization techniques assessed the curing behavior, mechanical properties, and thermal stability of the coatings. Results demonstrate that increased soybean oil content enhanced flexibility without sacrificing hardness or chemical resistance. The bio-based coatings showed rapid curing under UV exposure, offering low VOC emissions and energy efficiency. These findings support the use of renewable resources in advanced coating formulations, meeting industrial demands for sustainable materials.

Keywords: UV-cured coatings, soybean oil, epoxy carboxylate, sustainable polymers, bio-based materials



EXPERIMENTAL STUDY ON OVER-CUT IN ULTRASONIC MACHINING OF WC-CO COMPOSITES

Ramesh Kumar

Department of Mechanical Engineering, Indian Institute of Technology, Madras, India

Assist. Prof. Dr. Anil Singh

Centre for Advanced Manufacturing, National Institute of Technology, India

Abstract

This experimental investigation focuses on the over-cut phenomenon during ultrasonic machining of tungsten carbide-cobalt (WC-Co) composites, materials widely used in tooling and wear-resistant applications. The study examines how machining parameters such as frequency, amplitude, feed rate, and abrasive concentration influence over-cut dimensions and surface quality. Using statistical analysis and microscopy, the mechanisms causing deviations in final geometry due to ultrasonic vibrations were delineated. Findings assist in optimizing machining conditions to minimize over-cut, thereby enhancing dimensional accuracy and prolonging tool life in manufacturing WC-Co parts.

Keywords: Ultrasonic machining, tungsten carbide cobalt, over-cut, machining parameters, surface quality



INDUCTION MELTING TECHNIQUE FOR FABRICATION OF ALUMINUM-CARBON NANOTUBE NANOCOMPOSITES

Dr. Muhammad Tariq

Department of Materials Science, University of Engineering and Technology, Peshawar,
Pakistan

Adeel Zaman

Nanotechnology Research Center, National University of Sciences and Technology, Pakistan

Abstract

This work reports on the fabrication of aluminum-carbon nanotube nanocomposites using an induction melting technique aimed at achieving uniform nanotube dispersion within the aluminum matrix. Process parameters such as melting temperature, holding time, and stirring speed were optimized to minimize agglomeration and promote interfacial bonding. Mechanical and microstructural characterization revealed significant enhancements in hardness, tensile strength, and thermal stability compared to pure aluminum. The induction melting approach offers a scalable route for manufacturing high-performance aluminum-based nanocomposites suitable for aerospace and automotive industries.

Keywords: Aluminum nanocomposites, carbon nanotubes, induction melting, mechanical properties, nanomaterials



THE IMPACT OF STAKEHOLDER COMMUNICATION STRATEGIES ON CONSUMER ACCEPTANCE AND FINANCIAL PERFORMANCE IN THE FERTILIZER INDUSTRY IN MALAYSIA

Dr. Amina Yusuf

Faculty of Business, University of Malaya, Malaysia

Abstract

This study investigates the influence of stakeholder communication strategies on consumer acceptance and the resultant financial performance within Malaysia's fertilizer industry. Through a mixed-methods approach combining qualitative interviews with key stakeholders and quantitative analysis of financial data, the research identifies critical communication practices that enhance customer trust and engagement. Emphasis is placed on transparency, responsiveness, and adaptation to stakeholder concerns. Findings reveal that effective communication significantly boosts consumer acceptance, which in turn positively affects financial outcomes such as sales growth and profitability. The study provides actionable recommendations for fertilizer companies aiming to strengthen their stakeholder relationships and optimize performance amid increasing market competition and environmental awareness.

Keywords: Stakeholder communication, consumer acceptance, financial performance, fertilizer industry



ANALYSIS OF RUBBER WASTE UTILIZATION IN MANUFACTURING PROCESSES: A CASE STUDY OF PANDORA PRODUCTION COMPANY

Wuttichai Thongchai

Prof. Dr. Marek Kowalski

Faculty of Chemical Engineering, Warsaw University of Technology, Poland

Abstract

This paper presents a comprehensive analysis of rubber waste utilization in manufacturing through a case study at Pandora Production Company. Employing material flow analysis and life cycle assessment methodologies, the study examines current rubber waste management practices and evaluates their environmental and economic impacts. Results demonstrate that incorporating recycled rubber waste into production processes reduces raw material consumption and waste disposal costs while maintaining product quality. Furthermore, the research highlights key challenges such as technological limitations and regulatory constraints. Recommendations include adopting innovative recycling techniques and policy incentives to maximize rubber waste valorization, aligning with sustainable manufacturing goals. The findings contribute to advancing circular economy practices in rubber-based industries globally.

Keywords: Rubber waste, manufacturing processes, material flow analysis, recycling, sustainability



TARIMSAL YAPILARIN İKLİMLENDİRİLMESİNDE ENERJİ TÜKETİMİNİ VE SERA GAZI SALIMLARINI AZALTMAK İÇİN ISI POMPASI KULLANIMI

Prof.Dr. Hasan Hüseyin ÖZTÜRK

Çukurova Üniversitesi

hhozturk@cu.edu.tr, ORCID NO: 0000-0001-6904-5539

Dr. Hasan Kaan KÜÇÜKERDEM

Iğdır Üniversitesi

kaan.kucukerdem@igdir.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-1593-4725

Dr. Ümran ATAY

Mardin Artuklu Üniversitesi

umranatay@artuklu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-2248-4582

ÖZET

Düşük karbonlu ısıtma sistemlerine geçiş, özellikle küresel sera gazı (GHG) emisyonlarının önemli bir oranını oluşturan inşaat sektöründe iklim nötrlüğüne ulaşmak için temel öneme sahiptir. Çeşitli iklimlendirme teknolojiler arasında ısı pompaları (HP), yüksek enerji verimlilikleri ve özellikle yenilenebilir elektrikle çalıştırıldıklarında karbondioksit (CO₂) emisyonlarını önemli ölçüde azaltma potansiyelleri nedeniyle önemli bir çözüm olarak ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada, hava kaynaklı (ASHP), toprak kaynaklı (GSHP) ve su kaynaklı (WSHP) ısı pompalarının teknik performans ve çevresel etkilerini değerlendirmek için güncel literatürden elde edilen bulgular incelenmektedir. Ayrıca yaşam döngüsü GHG emisyonları, coğrafi enerji karışımı çeşitliliğinin etkisi ve ısı pompalarının hibrit ve bölgesel ısıtma sistemlerine entegrasyonu da tartışılmaktadır. Hibrit HP sistemlerinde en düşük özgül GHG salımı gerçekleşir. Bu değer, verilen ısı enerjisinin kWh'ı başına ortalama olarak 0,108 kgCO₂-eq düzeyindedir. Hibrit HP sistemlerini, WSHP (0,018–0,216 kgCO₂-eq/kWh), GSHP (0,050–0,211 kgCO₂-eq/kWh) ve ASHP sistemlerinin (0,083–0,216 kgCO₂-eq/kWh) izlediği bildirilmektedir. HP sistemleri, teknoloji türüne ve enerji karışımına bağlı olarak %90 oranına ulaşan potansiyel GHG salımı azaltma potansiyeline sahiptir. Yüksek yatırım maliyetlerine rağmen, GSHP ve WSHP'lerin daha düşük çevresel ayak izi (FP), daha kararlı ısı girişi ve daha yüksek sezonluk performans katsayısından (SCOP) kaynaklanan daha iyi performansları nedeniyle bina sektörünün karbonsuzlaştırılması için bu teknolojileri cazip seçenekler haline getirmektedir. Isı pompalarının ısı depolama, yenilenebilir enerji ve akıllı kontrol teknolojileriyle entegrasyonu, pazar potansiyellerinin karşı karşıya olduğu zorluklara rağmen verimliliklerini ve iklimsel faydalarını daha da artırmaktadır. Özellikle hibrit tasarımlardaki ısı pompaları, sürdürülebilir bina ısı temini ve enerji dönüşümü için temel bir teknoloji olarak değerlendirilmektedir. Faydalarına rağmen, ısı pompalarının yaygın olarak benimsenmesi, yüksek ilk yatırım maliyetleri, eski binalarda iyileştirme zorlukları ve şebeke kapasitesi sınırlamaları gibi teknik ve ekonomik engellerle karşı karşıyadır. HP teknolojisinin yaygın olarak kullanılmasını hızlandırmak için sübvansiyonlar, performans standartları ve altyapı yatırımları yoluyla politika desteği gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Isı pompası, Enerji tasarrufu; Sera gazı salımları



1. GİRİŞ

Dünyadaki birçok ülke 2050 yılına kadar karbon nötr olacağını bildirmiştir. Karbonsuzlaştırmanın oldukça umut verici görüldüğü alanlardan biri, binalardaki ısı tedarik sistemiyle ilişkilidir. Günümüzde, küresel olarak ısıtma sistemleri hala önemli bir karbondioksit (CO₂) emisyonu payına sahiptir. Bu oran küresel CO₂ emisyonlarının %37'si düzeyindedir (UNEP, 2022). Bununla birlikte, konut, ticari ve endüstriyel binalarda ısıtma uygulamalarının karbon ayak izini azaltmaya yardımcı olan birçok yeni teknoloji bulunmaktadır. Bunlar arasında ısı pompalarının, bölgesel ısıtma ağlarının, güçten ısıya çözümlerin ve enerji depolama teknolojilerinin benimsenmesi yer almaktadır. Bu çözümler, coğrafi, iklimsel ve ekonomik faktörlere bağlı olarak verimlilik, maliyet ve uygulanabilirlik açısından farklılık göstermektedir.

Bölgesel ısıtma (DH) sistemleri, bina ısı tedarikinin karbonsuzlaştırılmasına yönelik kritik yaklaşımlardan birini temsil etmektedir. Geleneksel olarak fosil yakıtlara bağımlı olan modern bölgesel ısıtma ağlarında, yenilenebilir enerji kaynakları, atık ısı geri kazanımı ve enerji depolama giderek daha fazla uygulanmaktadır. Dong ve Ark. (2025), bina kümeleri için hibrit enerji sistemlerinin optimize edilmiş tasarımını incelemiş ve rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi ve ısı depolama sistemlerinin bölgesel ısıtma ağlarına entegre edilmesinin önemini vurgulamıştır. Çalışmaları, bu unsurların birleştirilmesinin, geleneksel doğal gaz bazlı bölgesel ısıtmaya kıyasla karbon emisyonlarında %30–50 oranında bir azalma sağlayabileceğini ortaya koymuştur. Ayrıca, düşük sıcaklıklı bölgesel ısıtma (LTDH), sistem verimliliğini artırmak için etkili bir çözüm olarak ortaya çıkmıştır. Geleneksel yüksek sıcaklıklı bölgesel ısıtmanın (HTDH) aksine, LTDH daha düşük besleme sıcaklıklarında (50–70 °C) çalışarak ısı kayıplarını azaltır ve endüstriyel atık ısı, jeotermal enerji ve ısı pompası teknolojisinin entegrasyonunu mümkün kılar. Lu ve Ark. (2024), düşük sıcaklıklı bölgesel ısıtma sistemlerinde ısı enerjisi depolamanın (TES) rolünü incelemiş ve binaya entegre TES sistemlerinin yenilenebilir kaynaklardan gelen fazla ısıyı depolayıp yoğun talep dönemlerinde boşaltarak genel sistem esnekliğini artırabileceğini belirlemişlerdir. Isıtmanın karbondan arındırılmasına yönelik bir diğer umut verici yaklaşım, fazla yenilenebilir elektriğin ısı enerjisine dönüştürülmesini içeren güçten ısıya (P2H) teknolojisidir. Xu ve Ark. (2025), güneş enerjisiyle çalışan güçten ısı dönüşüm sistemlerinin çift amaçlı optimizasyonunu analiz ederek, pil depolama ile ısı depolamanın bir araya getirilmesinin güneş enerjisi açısından zengin bölgelerde enerji öz yeterliliğini önemli ölçüde artırdığı sonucuna varmışlardır. Bu durum, elektrik, ısıtma, soğutma ve ulaşımı entegre eden çoklu enerji sistemlerinin (MES) kentsel bölgelerde derinlemesine karbondan arındırma sağlamak için hayati önem taşıdığını gösteren Bacci ve Ark. (2025) tarafından elde edilen bulgularla örtüşmektedir.

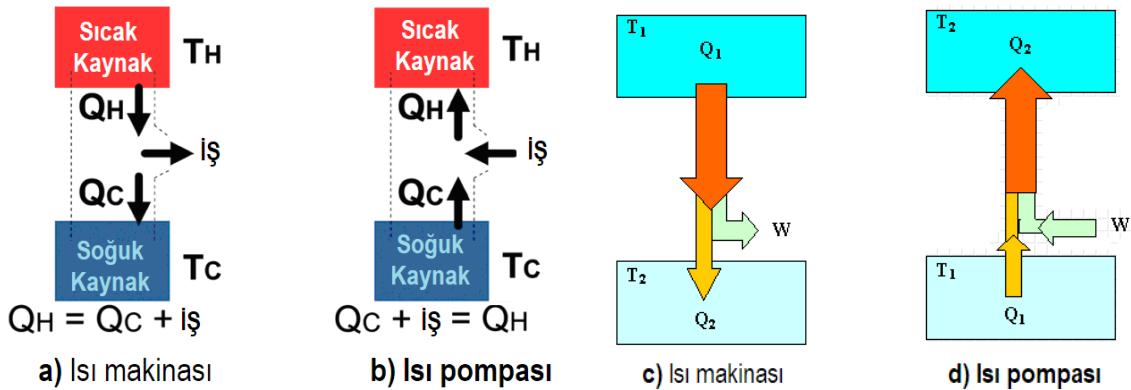
Yararlarına rağmen, ısı pompaları soğuk iklimlerde performans azalması ve yüksek ilk yatırım maliyetleri gibi çeşitli zorluklarla karşı karşıyadır. Bu sorunları azaltmak için, ısı pompalarını bölgesel ısıtma veya hidrojen kazanları gibi ek ısıtma kaynaklarıyla birleştiren hibrit ısı pompası sistemleri önerilmektedir. Xue (2024), eğitim binalarında hibrit yer altı kaynaklı ısı pompalarının rolünü araştırmış ve ısı pompalarının düşük sıcaklıklı bölgesel ısıtma şebekeleriyle birleştirilmesinin sistem dayanıklılığını artırabileceğini ve en yüksek elektrik talebini azaltabileceğini bildirmiştir. Bulguları, bölgesel ısıtma şebekelerindeki ısı pompalarının kontrol stratejilerinin optimize edilmesinin genel verimliliği daha da

artırabileceğini ve karbon emisyonlarını azaltabileceğini belirtmektedir. Avrupa Birliği (AB) içinde ısı pompaları, yasal çerçevelerde temel bir yenilenebilir enerji teknolojisi olarak kabul edilmekte ve 2030 ve 2050 Avrupa enerji ve iklim stratejilerinde önemli bir rol oynamaktadır. AB'nin 2050 ısı yol haritası, ısı pompalarının hem bireysel hem de büyük ölçekli uygulamalarda, ağırlıklı olarak atık ısı ve yenilenebilir kaynaklardan yararlanılarak kapsamlı bir şekilde entegre edilmesini öngörmektedir (Hofmeister ve Guddat, 2017).

2. ISI POMPASI TEKNOLOJİSİ

Dünya genelinde havadan, su birikintilerinden ve topraktan kazanılacak neredeyse sınırsız bir ısı kaynağı mevcuttur. Isı pompası, "ters" bir ısı makinasının ısı işlemlerini uygulayarak bu önemli kaynaklardan yararlanır. Görsel 1(a)'da gösterilen klasik ısı makinası, iş yapmak için daha yüksek sıcaklıktaki bir ısı kaynağından sağlanan enerjiyi kullanır ve ardından iş yapmak için kullanılmayan düşük sıcaklıktaki ısıyı dışarı atar.

- *Isı makinası* [Görsel 1(c)]: Yüksek sıcaklıktaki (T_1) kaynaktan ısı (Q_1) alır. Bir kısmını işe dönüştürür (W) ve geri kalan kısmını ise düşük sıcaklıktaki (T_2) kaynağa bırakır.
- *Isı pompası* [Görsel 1(d)]: Düşük sıcaklıktaki (T_1) kaynaktan ısı alır. Dışarıdan iş (W) eklenir ve ısıya dönüştürülür. Yüksek sıcaklıkta (T_2) toplam ısı açığa (Q_2) çıkar.



Görsel 1. Isı Makinası Ve Isı Pompasının Çalışma İlkesi

Isı makinasının işlemini "tersine çevirmek" için, *buhar sıkıştırılmalı ısı pompası*, daha düşük sıcaklıktaki bir kaynaktan daha düşük sıcaklıktaki ısıyı (Q_C) çıkarmak için harici iş uygular ve dolaşan bir çalışma akışkanı olan *soğutucu akışkan* aracılığıyla daha yüksek bir sıcaklıktaki ısı (Q_H) aktarır. Bir kompresörün çalışması, düşük sıcaklıktaki ısıyı (Q_C) daha yüksek bir sıcaklık çıkışına taşıyarak (veya "pompalayarak") çalışma akışkanının basıncını ve sıcaklığını artırır.

Isı pompalarının performansı (Q_H sağlamak için) genellikle bir performans katsayısı (COP) ile tanımlanır. COP , birim iş girdisi başına verilen ısı miktarıdır. Bir ısı pompası, ısı makinasının termodinamik sınırlamalarına tabidir. Bu nedenle maksimum *teorik verimlilik* (*Carnot verimi*), mutlak sıcaklıkların (K biriminden) $T_H/(T_H - T_C)$ oranından belirlenebilir.

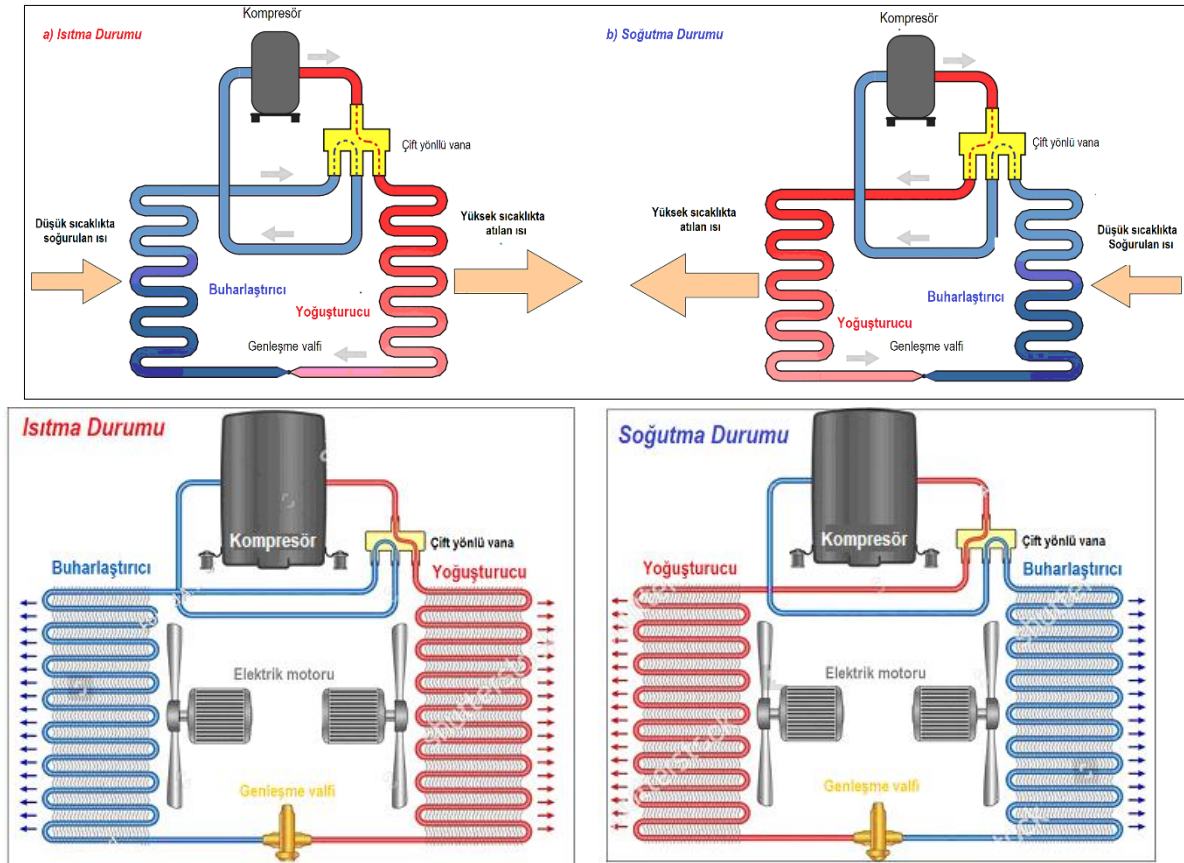
Sürtünme ve ışımsal ısı kayıpları gibi verimsizliklere maruz kalan gerçek sistemlerde, ulaşılabilir COP büyük bir olasılıkla bu teorik değer yarısının altında olacaktır. Ancak, *Carnot çevrimi* dikkate alınarak tanımlanan COP , ısı pompalarının çalışması üzerindeki sıcak ve soğuk kaynakların sıcaklıklarının orantılı etkisini yorumlamak amacıyla kullanılabilir. Diğer bir deyişle, yüksek bir COP değerinde çalışmak için, sıcak kaynak sıcaklığı

(T_H) mümkün olduğunca düşük, soğuk kaynak sıcaklığı (T_C) ise mümkün olduğunca yüksek olmalıdır.

Isı pompası terimi genellikle, düşük sıcaklıkta dışarıdan $Q_{soğuk}$ ısıyı alıp, $Q_{sıcak}$ ısıyı binanın daha sıcak olan iç kısmına iletmek için W işi yapan bir elektrik motoru kullanarak kışın bir binayı ısıtabilen bir cihaz için kullanılır. Buzdolaplarının, klimaların ve ısı pompalarının çalışma ilkesi aynıdır ve bir ısı makinasının tam tersidir. Genel olarak bir ısı pompası, ısı enerjisini bir ısı kaynağından bir "ısı yutağına" aktaran bir cihazdır. Ancak bu durumda aktarım, soğuk bir ortamdan ısıyı emip daha sıcak bir ortama vererek kendiliğinden gerçekleşen ısı aktarımının tersi yönünde gerçekleşir. Görsel 2’de de gösterildiği gibi, dışarıdan W işi yapılarak, düşük sıcaklıktaki bir bölgeden (ısı kaynağı) ısı alınır ve daha yüksek sıcaklıkta (ısı yutağı) daha fazla miktarda ısı atılır.

2.1. Tersinir Isı Pompası

Tersinir ısı pompaları (Görsel 2), iç ortamda ısıtma veya soğutma (klima) sağlamak için her iki yönde de çalışır. Kompresörden yoğusturma ve buharlaştırma serpantinlerine doğru soğutucu akışkan akışını tersine çevirmek için bir ters çevirme valfi kullanılır.



Görsel 2. Tersinir Isı Pompası Çevrimi

Bir ısı pompası, binanın dışından içerisine ısı aktarır. Sistemin merkezinde, ısıyı bir durum değişimi süreciyle taşıyan bir soğutucu akışkan devresi bulunur (Görsel 2):

1. aşama: Binanın dışında, buharlaştırıcı ortam ısınısını toplar. Toplanan ısı devredeki akışkanı ısıtır. Bu akışkan son derece düşük bir sıcaklıkta bulunur ve büyük ölçüde düşük basınçlı bir sıvıdan oluşur. Isının etkisiyle sıvı gaza dönüşür. Bu gaz daha sonra bir kompresörde hızla sıkıştırılır ve bu da sıcaklığını önemli ölçüde artırır.



2. aşama: Binanın içinde, sıcak gaz bir yoğuşturucuya girer ve burada suyu veya havayı ısıtır. Bu ısı daha sonra ortamı ısıtmak için kullanılır. Bu işlem akışkanı tekrar soğutur, akışkan yoğunlaşır ve (neredeyse) sıvı haline geri döner. Akışkan daha sonra bir genişleme vanasından geçer ve burada ani basınç düşüşü sıcaklıkta keskin bir azalmaya neden olur ve döngü 1. aşamadan tekrar başlar.

Başka bir deyişle, bir ısı pompası, tüm süreç ters yönde işlemesi dışında, bir klima ünitesiyle tamamen aynı şekilde çalışır. İşte bu nedenle, bir binayı yazın serin, kışın sıcak tutan tersinir bir ısı pompası sistemi ("inverter" olarak da bilinir) kullanmak mümkündür. Yaz aylarında, sistemin dış kısmı yoğuşturucu, iç kısmı ise buharlaştırıcı olarak işlev yapar.

Isı pompalarının çalışması sırasında aşağıdaki işlemler gerçekleşir:

- *Soğurma ve buharlaşma:* Isı pompaları, ısıyı havadan, topraktan veya sudan (ısı pompasının türüne bağlı olarak) aktarır ve sıvı soğutucu akışkan içeren bir ısı değiştiriciye iletir. Bu soğutucu akışkan, dışarıdan ısıyı soğurur ve düşük basınçlı ve düşük sıcaklıklı bir gaza dönüştürür.
- *Sıkıştırma:* Bu gaz daha sonra, soğutucu akışkanı sıkıştırarak basıncını ve sıcaklığını artıran elektrikle çalışan bir kompresöre aktarılır. Bu sıkıştırılmış gaz daha sonra bir ısı değiştiriciye hareket eder. Burada ısıyı soğuk su devresine aktarır ve gazdan ısıyı soğururken suyun ısınmasına neden olur.
- *Yoğuşma:* Su istenen sıcaklığa (genellikle 55 °C civarı) ulaştığında, ortamı ısıtmak için binanın radyatörlerine ve yerden ısıtma sistemine yönlendirilir. Bu ısı transfer işlemi, soğutucu akışkanı tekrar sıvı hale getirecek kadar soğutur.
- *Sürekli çevrim:* Yoğuşmadan sonra, soğutulan soğutucu akışkan bir genişleme valfinden geçer, bu da basıncını düşürür ve daha fazla ısı enerjisi soğurmasını sağlar. Soğutucu akışkan daha sonra ısıtma ve soğutma döngüsünü tekrarlamak için ısı değiştiriciye geri pompalanır ve sistemin verimli çalışmasını sağlar.

Isı pompası, kompresör ve akışkan kullanarak mekanlar arasında ısıyı verimli bir şekilde aktaran çok yönlü bir sistemdir. Kışın ısıtma, yazın ise soğutma sağlar.

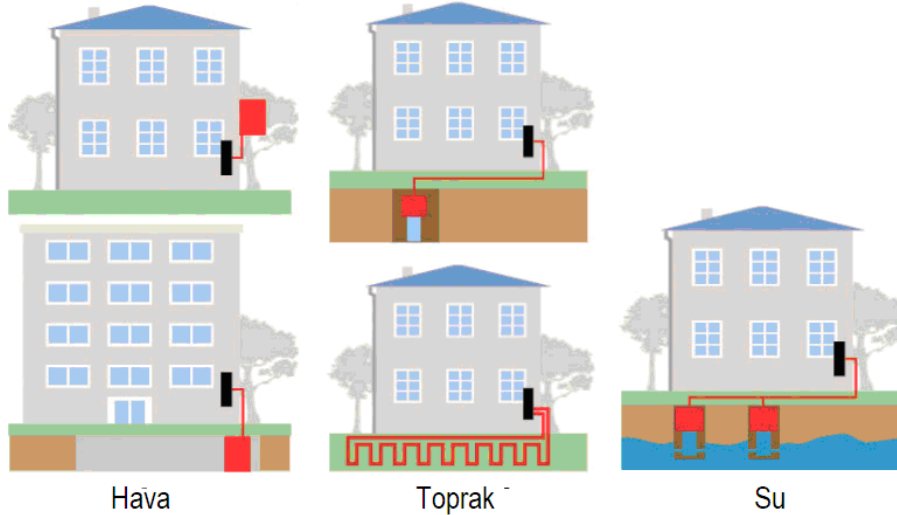
- *Isıtma durumunda* (Görsel 2a): Isı pompaları aynı miktarda elektrik kullanan basit elektrikli dirençli ısıtıcılara göre ısıtmada üç ile dört kat daha etkilidir. Diğer bir deyişle, performans katsayısı $COP = 4$ olabilir. Bir ısı pompasının tipik kurulum maliyeti, dirençli ısıtıcılara göre yaklaşık 20 kat daha fazladır. Isıtma durumunda, dış serpantin bir buharlaştırıcı, iç serpantin ise bir yoğuşturucudur.
- *Soğutma durumunda* (Görsel 2b): Akış ters çevrilir ve dış serpantin bir yoğuşturucu, iç serpantin ise bir buharlaştırıcıdır. Isıtma modunda, dış serpantin buharlaştırıcı, iç serpantin ise yoğuşturucudur. Soğutma modunda, kompresörün yaptığı iş sadece ısıtma durumunda kullanıldığından, soğutma modundaki COP değeri ısıtma moduna göre daha düşüktür.

Isı pompaları dış ortamdan ısı soğurduğu için, daha soğuk iklimlerde performansları önemli ölçüde azalır. -7 °C'nin altındaki sıcaklıklarda, sistem soğuk havadan ısıyı çekip buharlaştırıcıdaki soğutucu akışkanı ısıtmak için çok daha fazla enerjiye ihtiyaç vardır. Bu durum için hava girişini buharlaştırıcıdan belirli bir mesafeye yerleştirmek ve ikisini uzun, gömülü bir boruyla birbirine bağlamak etkili bir çözüm olabilir. Toprağa gömülü ısı değiştirici olarak bilinen bu kurulumda, ısı, buharlaştırıcıya ulaşmadan önce yeraltına doğru hareket ederken havayı doğal olarak ısıtır.

2.2. Isı Pompası Türleri

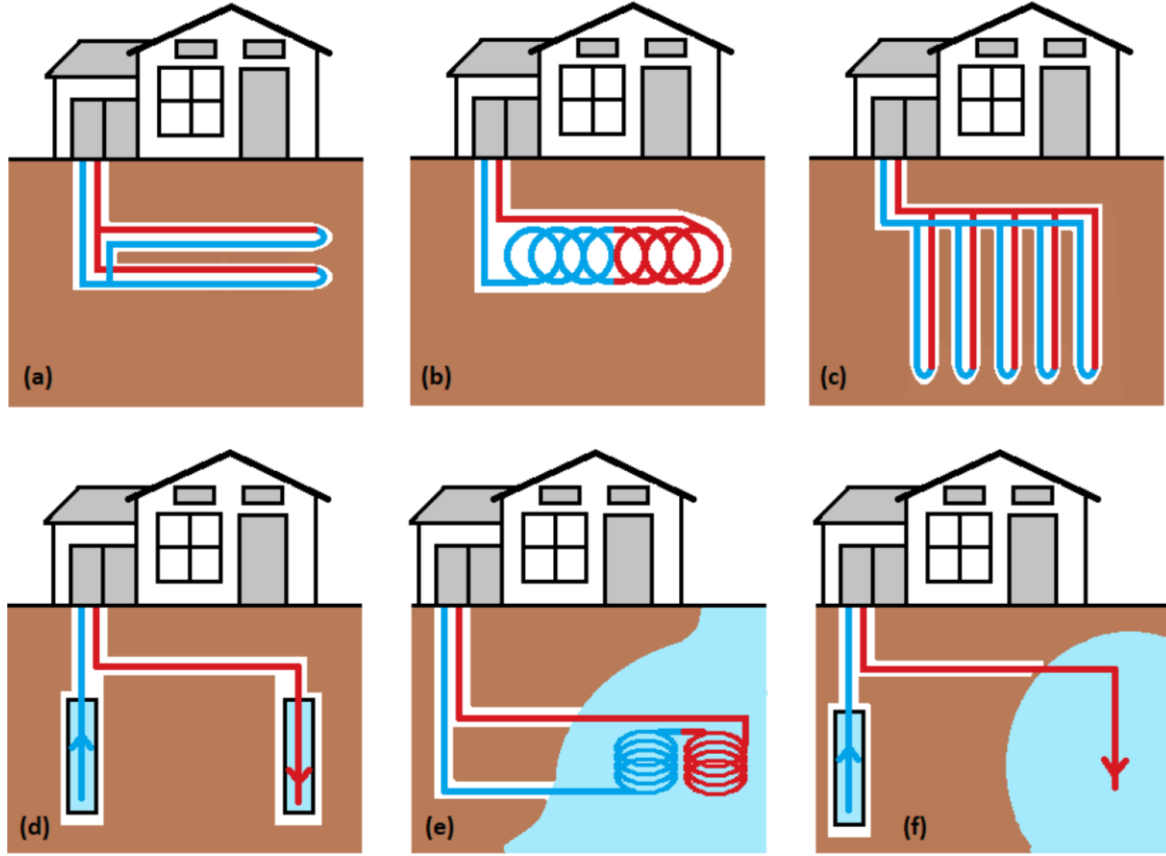
Isı pompalarının nasıl çalıştığını açıkladıktan sonra, farklı ısı pompası türlerini (Görsel 3) anlamak da önemlidir. Aşağıdaki bölümlerde hava, toprak ve su kaynaklı ısı pompaları açıklanmıştır.

- *Havadan → suya ısı pompası*: Bu sistem, ortam havasını üfleyerek akışkanı ısıtan bir dış üniteye sahiptir. Devre, geleneksel bir su bazlı ısıtma sistemine (radyatörler veya yerden ısıtma) beslenir ve ayrıca kullanım için sıcak su sağlar.
- *Sudan → suya ısı pompası*: Bu kurulumda, soğutucu akışkan yeraltı suyu tablası veya göl ya da nehir gibi doğal olarak oluşan bir su kütlesinden geçerken pasif olarak ısıtılır. Bu sistem daha enerji verimlidir ve aşırı soğuk kışlar yaşayan yerler için daha uygundur.
- *Havadan → havaya (veya sudan havaya) ısı pompası*: Bir binayı ısıtmak için sıcak hava kullanan "split" tip bir sistemdir. Bu kurulum, ısıtma söz konusu olduğunda daha az verimlidir. Kullanım için sıcak suyu sistemiyle uyumluluk sorunları yaratır. Ancak asıl yararı, tersine çevrilebilmesidir. Diğer bir deyişle, tamamen aynı ekipmanı kullanarak bir klima sistemi olarak hizmet verebilir.



Görsel 3. Isı Pompası Türleri

Toprak kaynaklı ısı pompaları (GSHP) ise, yıl boyunca istikrarlı bir ısıtma için dünyanın güneş enerjisini soğurarak ısı üretirken, su kaynaklı ısı pompaları (WSHP) su kaynaklarından ısıyı verimli bir şekilde aktarır. WSHP, hava kaynaklı ısı pompalarına (ASHP) kıyasla soğuk koşullarda bile yüksek verime sahiptir. Enerji ihtiyacının fazla olması durumunda, ASHP güneş panelleriyle de birleştirebilir. ASHP, genellikle enerji tasarruflu kullanım sıcak suyu sağlamak için ısı pompası su ısıtıcısı olarak kullanılır.



Görsel 4. Toprak Kaynaklı Isı Pompaları (GSHP) İçin Farklı Isı Değiştirici Düzenlemeleri: (a) Kapalı Yatay Devre, (b) Kapalı Slinky Devre, (c) Kapalı Dikey Devre, (d) Açık Kuyu Devresi, (e) Kapalı Su Devresi Ve (f) Açık Devre Kuyu Ve Yüzey Gövdesi

3. ISI POMPASININ SERA GAZI AZALTMA POTANSİYELİ

Bu bölümde, ısı pompalarının karbonsuzlaştırma potansiyelini etkileyen temel etmenleri tanımlanmıştır. Bu kapsamda teknik konular, çevresel etki, küresel enerji piyasası çeşitliliğinin elektrikli ısı pompası emisyonları üzerindeki etkisi, ısı pompalarının hibrit sistemlere entegrasyonu, teknoloji, ekonomi ve çevrenin sinerjik etkileri ve ısı pompalarının yararları ve olumsuzlukları, piyasa engelleri ve teşvikleri değerlendirilmiştir.

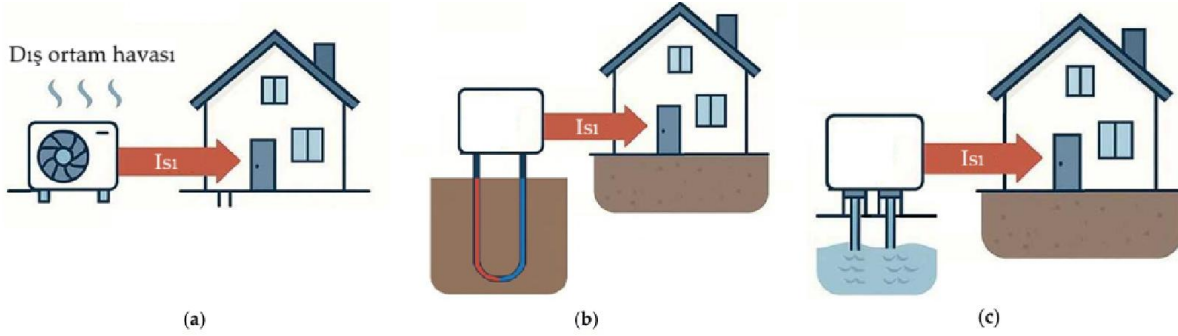
3.1. Isı Pompası Kullanımının Teknik Yönleri

Sürdürülebilir ısıtma çözümlerine geçiş, özellikle ısıtmanın enerji tüketimi ve sera gazı (GHG) emisyonlarının önemli bir payını oluşturduğu inşaat sektöründe, küresel karbonsuzlaştırma çabalarının önemli bir parçasıdır. Isı pompaları, enerji verimliliğini korurken karbon emisyonlarını azaltmak için birincil bir teknoloji olarak ortaya çıkmıştır. Isı pompaları, havadan, topraktan veya su kaynaklarından ısı enerjisini aktararak, fosil yakıtlara dayalı geleneksel ısıtma yöntemlerine oldukça verimli bir alternatif sunar.

Isı pompalarının çalışma ilkesi, serbest veya atık enerjinin kapalı devre bir işlemle daha yüksek sıcaklıktaki ısıya dönüştürülmesi sürecine dayanır. Ters *Carnot* çevriminde çalışan bu pompalar, düşük sıcaklıktaki ısıyı kullanır, daha yüksek bir sıcaklığa yükseltir ve binanın her yerine dağıtır. Piyasada, çalışma ilkeleri, ısı kaynakları, uygulamaları veya ölçekleri bakımından farklılık gösteren çeşitli ısı pompası türleri mevcuttur.

Isı pompaları genellikle ısı kaynaklarına göre aşağıdaki gibi sınıflandırılır (Görsel 5):

- *Hava kaynaklı ısı pompaları* (ASHP): Isıyı ısı kaynağı olarak ortam havasından alır ve ısıyı doğrudan havadan (havadan→havaya) veya hidrolik sistemler (havadan→suya) aracılığıyla iletir.
- *Toprak kaynaklı ısı pompaları* (GSHP): Isıyı topraktan çeker; enerji toprak ısı değiştiricileri veya sondajlı ısı değiştiricileri aracılığıyla kullanır.
- *Su kaynaklı ısı pompaları* (WSHP): Isıyı sudan çeker. Açık veya kapalı devre sistemler aracılığıyla kuyular, akarsular, göller ve göletler gibi yerel su kaynaklarını kullanır.



Görsel 5. Isı Kaynağına Bağlı Olarak Isı Pompası Türleri: (a) ASHP (hava kaynaklı ısı pompası), (b) GSHP (toprak kaynaklı ısı pompası), (c) WSHP (su kaynaklı ısı pompası)

Isı pompalarının kullanımıyla ilgili en önemli teknik faktörler Çizelge 1’de verilmektedir. Çizelge 1’deki teknik değişkenlerin nicel karşılaştırması, ısı pompası tipleri arasında farklı çalışma özelliklerini ortaya koymaktadır. Toprak kaynaklı (GSHP) ve su kaynaklı (WSHP) ısı pompaları genellikle daha yüksek besleme sıcaklığı sınırları (70 °C’ye kadar) sunarak geleneksel radyatör sistemleriyle uyumluluk sağlarken, hava kaynaklı üniteler (ASHP) genellikle 65 °C’ye kadar ulaşır. Isı pompalarının performansını etkileyen teknik konular, ısı kaynağı tipine bağlı sıcaklık kararlılığı temelinde değerlendirilebilir. Bu bağlamda, ASHP çok çeşitli dış hava koşullarında (-20 ile +35 °C) çalışır. Bu durum mevsimsel performansı önemli ölçüde etkileyebilir. Buna karşılık, GSHP ve WSHP sırasıyla, -10 ile +25 °C ve +5 ile +25 °C arasında değişen daha kararlı yeraltı veya su kaynağı sıcaklıklarından faydalanır.

Çizelge 1. Isı Pompası Performansının Teknik Yönleri (Zelazna ve Pawlowski, 2025)

Ölçütler	Hava Kaynaklı Isı Pompası (ASHP)	Toprak Kaynaklı Isı Pompası (GSHP)	Su Kaynaklı Isı Pompası (WSHP)
Sıcaklık kararlılığı	Değişken - hava koşullarından büyük ölçüde etkilenir.	Son derece kararlı – yer altı sıcaklıkları sabit kalır.	Yüksek kararlılık - yeraltı suyu
Isıtmada COP	~2,0–4,5	~3,5–6,5	Orta kararlılık - yüzey suyu
Ortama duyarlılık	Yüksek	Düşük	~3–6
Kurulum maliyeti	Genellikle daha düşük; ılıman iklimlerde tercih edilir.	Kirli zemin sisteminin kurulumu (delme/kazı) nedeniyle daha yüksek	Kullanılan su türüne bağlı olarak düşük ile orta
Besleme sıcaklığı [°C]	65’e kadar	70’e kadar	Genellikle GSHP’lere benzer veya daha yüksek, maliyeti etkileyen belirli saha koşulları
Çalışma sıcaklığı [°C]	-20 ile +35	-10 ile +25	70’e kadar
Ses seviyesi [dB(A)]	<68	<55	+5 ile +25
İlk maliyeti [€/kW]	>700	>1100	<552



Bu ısıl üstünlükler, mevsimsel performansın iyileştirilmesine katkıda bulunur. Mevsimlik performans katsayısı (SCOP) değerlerinde görüldüğü gibi, GSHP en yüksek mevsimsel verimliliğe (5,0'a kadar) ulaşırken, bunu WSHP (4,5'e kadar) ve ASHP (genellikle 2,8 ile 3,5 arasında) izlemektedir. Bu farklılıklar, daha kararlı ve ılımlı kaynak sıcaklıklarına sahip sistemlerin (GSHP ve WSHP) yıl boyunca daha iyi enerji verimliliği sağlama eğiliminde olduğunu ve daha soğuk iklimler veya yüksek sıcaklıklı ısıtma talepleri için daha uygun olduğunu doğrulamaktadır.

Yeraltı (veya yeraltı suyu) sıcaklıkları kısmen sabit ve kış havasından daha sıcak kaldığından, GSHP mevsim boyunca neredeyse sabit COP değerlerinde çalışabilir. Bu nedenle ortam koşullarına duyarlılıkları düşük kalır. Bu durum, Avustralya, Perth'te aynı evlerde açık devre GSHP ile ASHP'ini karşılaştıran durum çalışmasının sonuçlarında belirtilmektedir. Sonuçlar, GSHP'nin ısıtma durumunda COP değerinin ortalama ~3,9 olduğunu ve dış ortam sıcaklığından esasen etkilenmediğini, ASHP'nin ısıtma COP değerinin ise ortam koşullarına bağlı olarak 1,9 ile 2,9 arasında değiştiğini göstermiştir (Aprianti ve Ark., 201). Hava kaynaklı ısı pompaları, dış hava sıcaklıkları büyük ölçüde dalgalandığı ve kışın azaldığı için daha düşük ve daha değişken mevsimsel ısıtma verimliliğine sahiptir. Ilıman iklimlerde, modern ASHP'ler iyi tasarlanmışlarsa yeterli SCOP ile performans gösterebilirler. Rossi di Schio ve Ark. (2021) tarafından İtalya'da yapılan bir çalışmada, ılıman bir kıyı şehrindeki (S. Benedetto) bir ASHP'nin yaklaşık 2,86–2,99 aralığında bir etkin SCOP değerine sahip olduğunu, soğuk bir dağ ikliminde (Livigno) ise aynı ASHP'nin SCOP değerinin yaklaşık 2,72–2,83 aralığına azaldığını belirlemişlerdir. Ayrıca, buzu temizlemek için gereken defrost döngüleri, ASHP'nin mevsimsel COP değerini önemli ölçüde azaltmıştır. SCOP, belirtilen ilk konumda yaklaşık 2,93 iken, defrostlar ihmal edildiğinde 3,09'a yükselmiştir. Bu durum defrost enerjisi ihtiyaçları nedeniyle yaklaşık %5 oranında bir azalmaya neden olmuştur.

Kompresörlü ısı pompaları yapısal olarak farklılık gösterebilir. Bu durum verimliliklerini etkiler. Kullanılan soğutucu akışkan türü, termodinamik özellikleri ve çevresel etkisi (örneğin, GWP, basınç kayması) de dahil olmak üzere, termodinamik çevrim verimliliğini etkilediği için önemlidir. R-290 veya R-454B gibi düşük GWP değerine sahip soğutucu akışkanlar daha iyi COP ve daha düşük çevresel etki sağlayabilir. Ancak yanıcılıkları veya toksisiteleri ek tasarım değerlendirmeleri gerektirebilir. Isı pompaları (R744), düşük küresel ısınma potansiyelleri (GWP = 1) ve 60 °C'nin üzerinde yüksek çıkış sıcaklıkları sağlama yetenekleri nedeniyle, evsel sıcak su (DHW) uygulamalarında umut verici bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Son gelişmeler, ısı verimliliği artırmak ve çevrim kayıplarını azaltmak için salınımlı tank tasarımları kullanan çok aileli binalar için merkezi DHW sistemlerinde uygulanabilirliğini kanıtlamıştır. Bu tür sistemler, gerçek yaşam koşullarında yaklaşık 3 değerinde mevsimsel performans katsayılarına (SCOP) ulaşarak hem çevresel hem de teknik açıdan uygulanabilir hale gelmiştir (Banks ve Ark., 2022).

Genel olarak, modern soğutucu akışkanlar benzer veya biraz daha iyi performansa sahiptir. Performans karşılaştırması, R32 (hafif yanıcı, düşük GWP) kullanan bir ısı pompasının, R410A kullanan aynı sisteme kıyasla yaklaşık %9-10 oranlarında daha yüksek COP ve kapasiteye sahip olabileceğini belirtmektedir (Dongellini ve Ark., 2023). Xue (2025) tarafından yapılan araştırmada, yeni soğutucu akışkanların ve değişken hızlı kompresörlerin hava kaynaklı ısı pompalarının performans katsayısını (COP) önemli ölçüde artırdığı ve sıfırın altındaki



koşullarda bile güvenilir çalışma sağladığı bildirilmiştir. Essadik ve Ark. (2024), gizli ısı depolama özelliğine sahip çok valfli esnek bir ısı pompası sistemini araştırmıştır. Bu sistem, buz çözme için enerji kayıplarını önemli ölçüde azaltmış ve genel sistem performansını iyileştirmiştir. Bu yenilik, özellikle don birikmesi nedeniyle verim azalması gerçekleşen hava kaynaklı ısı pompaları için faydalıdır.

Ayrıca, buharlaştırıcı ve yoğuşturucuların tasarımı ve teknolojisi (örneğin, mikro kanal bobinleri, geliştirilmiş yüzey işlemleri ve donma önleyici kaplamalar) ısı transfer hızlarında iyileşme sağlayabilir. Soğutucu akışkan yükünü azaltabilir ve donma veya kirlenmeden kaynaklanan kayıpları en aza indirerek ısı pompasının verimliliğini artırabilir (Sui ve Ark., 2023).

Daha gelişmiş kompresör teknolojisi ve çevrim iyileştirmeleri (değişken hızlı kompresörler, buhar enjeksiyonu, iki kademeli sıkıştırma ve geliştirilmiş buz çözme kontrolleri), ısı pompasının değişken yük koşulları ve aşırı sıcaklıklar altında verimli bir şekilde çalışmasını sağlayarak kısmi yük performansını iyileştirir ve çalışma aralığını genişletir. İnverter tahrikli, değişken hızlı kompresörlere sahip ısı pompaları, genellikle geleneksel açma/kapama ünitelerine göre daha yüksek SCOP değerine ulaşır. Değişken hız, ısı pompasının kapasiteyi modüle etmesine ve kısmi yükte daha sürekli çalışmasına olanak tanır ve sık sık dur-kalk döngülerinden kaynaklanan verimsizlikleri önler. Doğrudan bir karşılaştırma çalışmada, invertör sistemi açma/kapama ünitesine göre en az %10 oranında daha yüksek SCOP değeri göstermiştir (Carella ve Ark., 2023). Akıllı kontrol araçları, yükü daha uygun zamanlara kaydırabilir ve gereksiz enerji tüketimini azaltarak mevsimsel verimlilikte önemli iyileştirmeler sağlayabilir (Kudela ve Ark., 2021).

Kompresör tabanlı teknolojinin ötesinde, absorpsiyonlu ısı pompaları, endüstriyel atık ısı veya güneş enerjisi kollektörleri gibi düşük sıcaklıklı ısı kaynaklarının mevcut olduğu senaryolarda ilgi görmektedir. Bu sistemler, çalışma akışkanı çiftine (örneğin su/LiBr veya amonyak/su) ve sınır koşullarına bağlı olarak 1,8 ile 2,0 arasında COP değerlerine ulaşabilir. Bölgesel ısıtma veya işlem soğutma şebekelerine entegre edildiklerinde, birincil enerji talebini ve CO₂ emisyonlarını azaltmada önemli bir potansiyel sunarlar. Ekonomik uygulanabilirlikleri, yüksek yakıt maliyetli senaryolarda geri ödeme süreleri ve yatırım getirilerinin artmasıyla çeşitli çalışmalarda kanıtlanmıştır (Ahrens ve Ark., 2021). Gerekli ısıtma çıkış sıcaklığı (iç ortam veya hidrolik sisteme), SCOP üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir. Düşük sıcaklıklı ısı dağılımı (örneğin, 30–40 °C’de radyant yerden ısıtma veya ~45 °C’de fan koil üniteleri), ısı pompasının radyatörler veya kullanım sıcak suyu için geleneksel besleme suyu sıcaklığı aralığı olan 55–65 °C’den daha yüksek bir COP değerinde çalışmasını sağlar (Zelazna ve Pawłowski, 2025).

Uygun boyutlandırma ve kurulum kalitesi, sahaya özgü konular (örneğin, GSHP için toprak koşulları, WSHP için su bulunabilirliği) da dahil olmak üzere, temel teknik faktörlerden biri olarak değerlendirilebilir. Doğru boyutlandırma ve kurulum, sistemin tasarım noktasında çalışmasını sağlar. Kötü kurulum önemli enerji kayıplarına neden olabilirken, optimize edilmiş entegrasyon, sistemi konut binasının özel taleplerine uydurarak performansı artırabilir ve sistemin çevresel performansında gözle görülür bir iyileşme sağlayabilir. Son olarak, ısı pompasının diğer sistemlerle (örneğin, kullanım sıcak suyu, güneş enerjisi desteği veya atık ısı geri kazanımı) hibrit sistemlere entegrasyonu ve fotovoltaik (PV) tesisler gibi yenilenebilir kaynaklarla entegrasyonu, işletimi daha verimli koşullara kaydırabilir ve yardımcı ısıtmaya



olan bağımlılığı azaltarak genel mevsimsel performansı (SCOP) iyileştirebilir. Ayrıca, bölgesel ısıtma şebekeleriyle entegre olan hibrit ısı pompası sistemleri, sistem dayanıklılığını korurken, fosil yakıtlı ısıtmayı aşamalı olarak sonlandırmayı hedefleyen şehirler için bir geçiş stratejisi olarak önerilmektedir. Son çalışmalar, güneş fotovoltaiik (PV) sistemlerinin ısı pompalarıyla entegre edilmesinin verimliliği daha da artırdığını ve elektrik şebekesine olan bağımlılığı azalttığını göstermiştir. Özellikle, Essadik ve Ark. (2024) tarafından yapılan araştırmada, farklı iklim bölgelerinde güneş enerjisiyle çalışan ısı pompalarının performansı incelenmiş ve PV destekli sistemlerin uygun şekilde boyutlandırıldığında bir binanın ısıtma talebinin %80 oranına kadarının karşılayabileceği bildirilmiştir.

Bu bölümü özetlemek gerekirse, yukarıda belirtilen faktörlerin her birinin ısı pompalarının genel verimliliğine ve mevsimsel performansına (SCOP) katkıda bulunduğunun altını çizmek gerekir. Soğutucu akışkan seçiminden gelişmiş kontrol stratejilerine kadar her alandaki gelişmeler, konut tipi ısı pompası teknolojisinde sürekli iyileştirmeler sağlamaktadır. ısı pompalarının mevsimsel performans katsayısının araştırılması (SCOP) hayati önem taşımakta olup, tasarım ve işletimde optimizasyonların yanı sıra ısı pompası kurulumlarının sistem performansı ve maliyet etkinliğinde de iyileşmeler sağlamaktadır.

3.2. ısı Pompası Sistemleri Ve Sera Gazı Emisyonlarının Değerlendirmesi

ısı pompaları, karbonsuzlaştırmada kullanılan ticari olarak mevcut ve gelişmiş teknolojiler arasında yer alsada ve konut ısıtma sistemleri için umut verici bir alternatif olarak ortaya çıkmış olsa da, sürdürülebilirliği sağlamak ve çevresel etkileri azaltmak için performanslarını düzenli olarak değerlendirmek önemlidir. Bu bölümde, çoğunlukla konut binalarındaki ev tipi ısı pompaları için gerçekleştirilen Yaşam Döngüsü Değerlendirmeleri (LCA) olmak üzere, yaşam döngüsünün her aşamasında çevresel etkilerini değerlendiren ve özellikle sera gazı (GHG) emisyonlarına ve bu değerlendirmelerde kullanılan değişkenlere odaklanan mevcut çevre çalışmaları incelenmektedir.

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA) kavramı, özellikle sınırlı kaynak bulunabilirliği olmak üzere çevresel bozulma endişeleri nedeniyle 1960'larda ortaya çıkmıştır. Uzun yıllar boyunca, LCA ısı pompası sektöründe kullanılmıştır (Amahmoud ve Ark., 2022). Ürün performansını izlemek için etkili bir teşhis aracı olan LCA, yıllar içinde bu teknolojideki gelişmelere önemli ölçüde katkıda bulunmuştur. Çok sayıda karşılaştırmalı çalışma, ısı pompası sistemlerinin geleneksel ısıtma sistemlerine kıyasla çevresel etkisini değerlendirmiştir. Bu LCA çalışmalarında, çevresel etkileri analiz etmek için CML2001, IMPACT2002+, ReCiPe ve Çevresel Ayak İzi yöntemleri de dahil olmak üzere çeşitli Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi (LCIA) yöntemleri kullanılmıştır. Enerji verimliliklerine rağmen, ısı pompası sistemleri, öncelikle soğutuculardan kaynaklanan sera gazı (GHG) emisyonları ve bunları çalıştırmak için gereken elektrikle bağlantılı karbondioksit (CO₂) emisyonları nedeniyle çevresel etkilere neden olabilir. *Küresel Isınma Potansiyeli* (GWP), *Asitleşme Potansiyeli* (AP), *Ötrofikasyon Potansiyeli* (EP) ve *Ozon Tükenme Potansiyeli*, en sık araştırılan etki faktörleri olarak ortaya çıkmıştır. Birçok araştırmada, doğal gazlı fırınlar, yağ veya biyo-yagli kazanlar, biyokütle kazanları veya kömürlü kazanlar gibi geleneksel ısıtma sistemlerinin ısı pompası sistemleriyle değiştirilmesinin bu çevresel etkilerde azalma sağladığı belirlenmiştir. Ancak, fonksiyonel birimlerdeki ve sistem sınırlarındaki farklılıklar, bu çalışmada emisyon



seviyelerinin karşılaştırılmasında doğrudan kullanılabilir sınırlı sayıda araştırmanın bulunmasına ve özellikle karbonsuzlaştırmaya odaklanılmasına yol açmıştır. Bu tür araştırmaların örnekleri, ASHP, GSHP ve WSHP sera gazı emisyonları üzerine yapılan çalışmaların sunulduğu Çizelge 2’de özetlenmiştir.

Çizelge 2. Isı Pompalarından Kaynaklanan Sera Gazı (GHG) Emisyonlarının Karşılaştırılması (Zelazna ve Pawlowski, 2025)

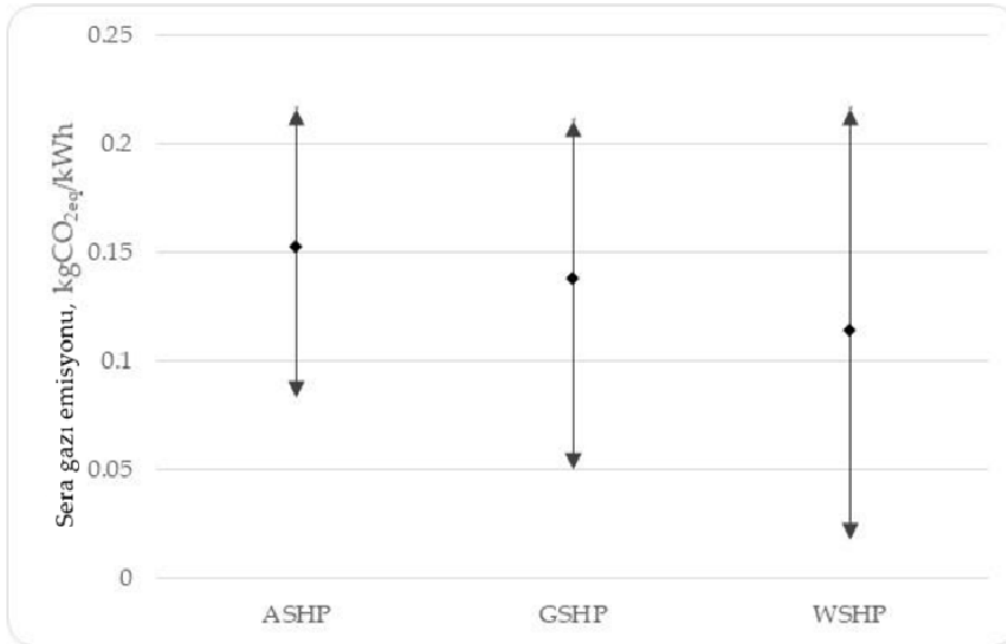
Isı Pompası	Karbonsuzlaştırma Potansiyeli	Sera gazı (GHG) Emisyonları (kg CO ₂ -eş /kWh)
ASHP	Gaz kazanlarına kıyasla karbon yoğunluğu %70 oranında daha düşüktür.	0,083
ASHP	-	0,216
ASHP su ısıtıcısı	Doğal gaz sistemlerine kıyasla sera gazı azalımı sağlanır.	0,19–0,21
ASHP	%54 azalma	0,111
ASHP	Son konutlarda ortalama %54 azalma	-
GSHP	-	0,211
GSHP	ASHP’den daha düşük karbon emisyonu gerçekleşir.	0,098
GSHP	ASHP’den daha düşük karbon emisyonu gerçekleşir.	0,194
GSHP (Dikey/yatay/helezon ısı değiştiriciler)	Dikey ısı değiştiricili ısı pompası, en düşük sera gazı emisyonuna sahiptir.	0,02–0,08
GSHP	Emisyonlar %35,23 oranında azaltılmıştır. Elektrik karışımına duyarlıdır.	-
Atıksu ısı pompası	Bölgesel ısıtmada ısı pompası entegrasyonu sayesinde sera gazı emisyonları %3,6-4,1 oranında azaltılmıştır.	~0,01
WSHP	Su kaynaklı ısı pompası, ASHP ve GSHP ile ilgili olarak en düşük sera gazı emisyonuna neden olur.	0,213
WSHP (Bölgesel ısıtma ile entegre PV beslemeli nehir suyu sistemi)	Kombine sistemler, geleneksel ısıtma ve soğutma sistemlerine kıyasla yaşam döngüleri boyunca sera gazı (GHG) emisyonlarını önemli ölçüde azaltabilir.	~0,112
WSHP	Önemli azalma potansiyeli vardır. Karbondioksit emisyonunun çoğu işletme ve bakımla ilişkilidir.	0,018

Çizelge 2’de verilen sonuçların, farklı yöntemlere ilişkin varsayımlara sahip birden fazla çalışmadan elde edildiği unutulmamalıdır. Bunlar arasında sistem sınırları, yaşam döngüsü envanterleri, varsayılan işletme koşulları ve yerel elektrik karışımlarının emisyon faktörleri gibi farklılıklar yer almaktadır. Çizelge 2’de verilen değerler ASHP, GSHP ve WSHP sistemleri için gösterge niteliğindeki sera gazı (GHG) emisyon seviyelerine genel bir bakış sunarken, veri kaynaklarının temelindeki heterojenlik nedeniyle doğrudan nicel karşılaştırmalar dikkatli bir şekilde yorumlanmalıdır. Sadece yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) yöntemini uygulayan ve nicel sonuçlar bildiren (veya sağlanan verilere dayanarak yeniden hesaplamaya olanak sağlayan) çalışmalar seçilmiştir. Ayrıca, karşılaştırmalar sadece diğer yenilenebilir enerji teknolojilerinin (örneğin, güneş enerjisi) entegrasyonu olmaksızın bağımsız ısı pompası sistemleri için yapılmıştır.

Çizelge 2’de verildiği gibi, incelenen tüm sistemler, geleneksel sistemlere kıyasla karbonsuzlaştırma potansiyeli ile karakterize edilmektedir. Bazı durumlarda, ısı pompası türleri arasında doğrudan karşılaştırmalar incelenmiştir. Bu örnekler, toprak kaynaklı ısı pompaları (GSHP) kullanıldığında, hava kaynaklı ısı pompalarına (ASHP) kıyasla daha yüksek bir karbonsuzlaştırma potansiyeli olduğunu açıkça göstermektedir. Bunun nedeni, toprak ve su kaynaklı ısı pompaları için mevsimsel performans katsayısının (SCOP) daha yüksek olması ve bunun sonucunda sistemin çalıştırılması için daha az enerji tüketimi olmasıdır. Birçok çalışmada, üretimle birlikte kullanım aşamasının, ısı pompalarının genel çevresel etkisine

başlıca katkıda bulunan faktörler olduğu ve hammadde çıkarma, cihaz kurulumu ve kullanım süresi sonunda bertaraf gibi diğer aşamaları gölgede bıraktığı sonucuna varmıştır. Çeşitli araştırmacılar tarafından bildirildiği üzere, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan en verimli ısı pompaları bile dikkate değer çevresel etkiler sağlamıştır.

Görsel 6’da verildiği gibi, literatür araştırmalarında bulunan maksimum emisyon değerleri, WSHP söz konusu olduğunda en düşük seviyeyi göstermektedir. Ancak, daha önce de belirtildiği gibi, ilgili çalışmaların eksikliği nedeniyle, karşılaştırma için alınan örnekler arasında güneş enerjisiyle çalışan ve kombine sistemler de yer almıştır; Bu nedenle, genel emisyon seviyeleri, Gajewski ve Ark. (2019) tarafından bildirildiği gibi, GSHP’na benzer veya biraz daha iyi olarak değerlendirilmelidir. Zemin ısı değiştiricilerin kurulumu ve tuzlu su kullanımı için gereken harcamalara rağmen, toprak kaynaklı ısı pompaları (GSHP), hava kaynaklı ısı pompalarına (ASHP) kıyasla daha düşük bir ortalama karbondioksit (CO_2) emisyonu seviyesi sergiler. Bu, emisyonları etkileyen baskın faktörün, ekipman üretimi ve sistem inşasıyla ilişkili etkisi ağır basan sistemin şebekeden gelen operasyonel enerji tüketimi olduğunu gösterir. Bununla birlikte, ASHP ile ilgili minimum CO_2 emisyonu seviyesi, bazı durumlarda GSHP ve WSHP için hesaplanan ortalama emisyondan daha düşük olabilir. Bu durum, bir ünitenin teknik detayları, lokalizasyon, tüm sistem tasarımı ve tedarik gücü çevre kalitesi ile bağlantılıdır.



Görsel 6. ASHP (hava kaynaklı ısı pompası), GSHP (toprak kaynaklı ısı pompası) ve WSHP (su kaynaklı ısı pompası) Sistemleri İçin Ortalama (Elmas İşaretleyici), Minimum (Alt Ok Ucu) Ve Maksimum (Üst Ok Ucu) Karbondioksit Emisyon Seviyelerinin Karşılaştırması (Zelazna ve Pawlowski, 2025)

Avrupa iklimi genelinde yakın zamanda yapılan karşılaştırmalı bir LCA çalışmasında, aynı binaya ısıtma sağlarken GSHP sistemlerinin eşdeğer ASHP sistemlerine kıyasla %8 ile %43 oranında daha düşük çevresel etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. GSHP’lerin avantajı, daha yüksek verimliliklerine kıyasla yüksek ısıtma talebinin (daha soğuk iklimler) olduğu durumlarda en belirgindir. Belirtilen tek istisna, elektriğin neredeyse tamamen yenilenebilir/nükleer olduğu İsveç’tir. Burada, her iki ısı pompası tipinin de işletme emisyonları



o kadar düşüktür ki, GSHP için kullanılan ekstra malzemeler, dengeyi ASHP'lerin daha basit kurulumu lehine hafif bir şekilde bozmuştur. Bu nedenle, ultra düşük karbonlu bir şebekede, GSHP verimliliğinin artımlı faydası ihmal edilebilir düzeydedir ve donanımın en aza indirilmesi (ASHP'ında olduğu gibi) çevresel olarak tercih edilebilir hale gelebilir. Ancak çoğu bölgede (özellikle şebeke karbon yoğunluğunun orta düzeyde olduğu bölgelerde), GSHP'nın azaltılmış elektrik kullanımı, daha yüksek ilk maliyet ayak izini fazlasıyla telafi ederek, ASHP'ına kıyasla net sera gazı tasarrufu sağlamaktadır (Aresti ve Ark., 2022).

Daha önce de belirtildiği gibi, su kaynaklı ısı pompaları, sınırlı sayıda makalede konut ısıtma uygulamalarında sera gazı emisyonlarını azaltma potansiyelleri nedeniyle kabul edilmiş olup, karşılaştırma için seçilenlerden farklı fonksiyonel birimler kullanılmıştır. Jung ve Ark. (2024) tarafından yapılan bir araştırmada geleneksel gaz yakıtlı bir ısıtma sisteminin CO₂ emisyonları, su kaynaklı ısı pompası (WSHP) uygulanarak %15 oranında azaltılabileceği belirlenmiştir. WSHP, Kore'de gaza kıyasla daha yüksek bir karbon emisyon faktörüne sahip olan elektriğe dayanmasına rağmen, ısı pompası sistemi yine de CO₂ emisyonlarında bir azalma sağlamaktadır. Bu durum, öncelikle WSHP kullanıldığında enerji tüketiminde %46,2 oranındaki azalmadan kaynaklanmaktadır.

WSHP konusunda yapılan başka bir çalışmada, karbon emisyonu azaltımının kapsamı, kullanılan su kaynağının türüne bağlı olarak önemli ölçüde değişmektedir. Özellikle, nehir suyu için ortalama %11,1, ham su için %16,9, yeraltı suyu için %18,6 ve derin deniz suyu için %15,4 azalma gözlemlenmiştir. Bu değişimler, enerji tasarrufu oranlarında gözlemlenen değişikliklerle yakından örtüşmektedir. Isıtma verimliliği, daha yüksek su sıcaklıklarıyla artar ve uzun ısıtma dönemlerinde daha da artar. Sonuç olarak, çeşitli su kaynaklarıyla ilişkili enerji tüketimindeki farklılıklar, karbon emisyonlarında önemli azalmalar sağlayarak tüm su türlerinde olumlu sonuçlar verir. Ayrıca, karbon emisyonu azalmaları, su alım mesafesinden etkilenmiş ve hem yatay hem de dikey yönlerde 100 m'de %1,2-6,5 oranında bir azalma sağlamıştır (Jung ve Ark., 2021).

Bu bölümü özetlemek gerekirse, emisyon seviyesini etkileyen ana faktörlerin ısı kaynağı türü, sıcaklık aralığı ve SCOP değerini etkileyen tüm sistem tasarımı ile tedarik gücü çevre kalitesiyle ilişkili olduğunu vurgulamak önemlidir. Bir ısı pompası yaşam döngüsünün işletme aşamasıyla ilgili dolaylı emisyonlar, çevresel dengesinin temel unsurlarıdır.

3.3. Teknoloji, Ekonomi Ve Çevrenin Sinerjik Etkileri

Önceki bölümlerde ısı pompası sistemlerinin teknik ve çevresel yönleri ayrı ayrı değerlendirilmiş olsa da, gerçek dünyadaki performansları ve uygulanabilirlikleri, ekonomi ve bahsedilen iki alan arasındaki etkileşimle belirlenir. Uygulamada, biraz daha yüksek yatırım maliyetlerine sahip bir sistem, üstün mevsimsel verimlilik ve önemli ölçüde daha düşük emisyonlar sunarak uzun vadeli ekonomik ve çevresel avantajlar sağlayabilir. Bu çok boyutlu bakış açısını yakalamak için, bu bölümde, seçilmiş uluslararası durum çalışmaları dikkate alınarak teknoloji, ekonomi ve çevresel sonuçlar arasındaki sinerjik etkileşim incelenmektedir. Her örnek, teknik, ekonomik ve çevresel performans arasındaki sinerjinin sistemin uygulanabilirliğinin genel değerlendirmesini nasıl şekillendirdiğini göstermektedir. Bu bütünlendirici yaklaşım, belirli sınır koşulları altında hangi teknolojilerin en uygun olduğu konusunda ayrıntılı bir anlayış sağlar.



Roth ve Ark. (2024) tarafından yakın zamanda Almanya için geliştirilen ve tekno-ekonomik modeli de içeren bir durum çalışması, 2030 yılına kadar 10 milyon ısı pompasına ulaşma hedefini değerlendirmiştir. Çalışmada, ısı depolama, PV sistemleri ve talep tarafı yönetimini içeren birden fazla entegrasyon senaryosu incelenmiştir. Sonuçlar, ısı pompalarının merkezi olmayan ısı depolama ve fotovoltaiik (PV) sistemler ile birleştirmenin ülkenin gaz talebini %25 oranında azaltabileceğini ve bina sektörü CO₂ emisyonlarını yarıya indirebileceğini göstermiştir. Ekonomik gerekçeler de güçlüdür. Hibrit sistem, maliyetli şebeke ölçeğinde pil yatırımlarına olan ihtiyacı azaltmış ve tüketicilerin dinamik elektrik tarifelerinden faydalanmasını sağlamıştır.

Alaska'da yapılan bir durum çalışması, ısı pompalarının dayanıklılığına ve düşük sıcaklık performansını araştırmıştır. Uzak Alaska topluluklarında, Dizel bazlı ısıtma geleneksel olarak yaygındır. Bu durum yüksek emisyonlara ve yakıt maliyetlerine neden olmaktadır. Ancak, Sitka şehrindeki bir pilot projede, -25 °C'ye kadar düşük sıcaklıklarda çalışabilen gelişmiş soğuk iklim ASHP sistemleri kurulmuştur. Sonuç, yerel bir hidroelektrik şebekesinden güç alındığında yıllık ısıtma maliyetlerinde %65 ve CO₂ emisyonlarında %80 oranında azalma olmuştur. Sermaye maliyetleri devlet düzeyindeki enerji fonlarıyla desteklenmiş olsa da, uzun vadeli tasarruflar modelin diğer bölgelerde ekonomik olarak tekrarlanabilir olduğunu kanıtlamıştır.

Hollanda'dan bir durum çalışması, doğal gazdan tamamen elektrikli güç kaynağına geçişin sistem genelindeki etkileyici bir örneğini sunmaktadır. "Doğal Gazsız Mahalleler" programının bir parçası olarak, 100'den fazla pilot topluluk tamamen elektrikli ısıtma veya bölgesel ısıtma sistemlerine geçiş yapmıştır (Hofman ve Ark., 2021). Birçoğu, aşırı talep için gaz kazanlarını ve baz yükleri için ısı pompalarını birleştiren hibrit ısı pompası sistemlerine güvenmektedir. Hollanda Çevre Ajansı tarafından yapılan bir tekno-ekonomik değerlendirme, bu tür hibrit sistemlerin minimum yenileme maliyetleriyle CO₂ emisyonlarını %70 oranına kadar azaltabileceğini bildirmiştir. Ancak, başarıları şebeke istikrarına, tüketici davranışına ve sürdürülebilir siyasi bağlılığa bağlıdır.

Wang ve Ark. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, doğrudan bir fotovoltaiik/termal (PV/T) toplak ile birleştirilmiş ve hem ısı enerjisi depolama hem de hava kaynaklı ısı pompası (ASHP) ile desteklenen bir hibrit sistem incelenmiştir. Sistem, değişken güneş ve yük koşulları altında konutlarda sıcak su üretimi için tasarlanmıştır. PV/T ünitesinin entegrasyonu, ısı pompasının elektrik girişini dengeleyerek, mevsimsel performansı iyileştirmiş ve yoğun saatlerde şebeke elektriğine olan bağımlılığı azaltmıştır. Yaşam döngüsü analizi, bağımsız ASHP sistemlerine kıyasla önemli sera gazı emisyonu azaltımları olduğunu göstermiştir, ancak kesin CO₂ değerleri verilmemiştir. Sistem, 10 yıllık tahmini geri ödeme süresiyle (SCOP değerine göre) yıllık yaklaşık %23 elektrik tasarrufu sağlamış ve uzun vadeli ekonomik uygulanabilirliğini kanıtlamıştır. Bu örnek, teknolojik optimizasyon (hibrit entegrasyon), çevresel fayda (daha düşük emisyon) ve ekonomik getiri (enerji maliyeti tasarrufu) arasındaki sinerjik etkileşimi vurgulayarak, düşük karbonlu bina uygulamalarında entegre sistem tasarımının katma değerini doğrulamaktadır.



4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Isı pompaları bina ısıtma sektöründe karbonsuzlaştırma için önemli bir potansiyele sahip, olgun ve çok yönlü bir teknolojidir. Düşük karbonlu ısıtma sistemlerine geçiş, özellikle küresel sera gazı (GHG) emisyonlarının önemli bir oranını oluşturan inşaat sektöründe iklim nötrlüğüne ulaşmak için temel öneme sahiptir. Çeşitli iklimlendirme teknolojiler arasında ısı pompaları (HP), yüksek enerji verimlilikleri ve özellikle yenilenebilir elektrikle çalıştırıldıklarında karbondioksit (CO₂) emisyonlarını önemli ölçüde azaltma potansiyelleri nedeniyle önemli bir çözüm olarak ortaya çıkmıştır. Bu bölümde, hava kaynaklı (ASHP), toprak kaynaklı (GSHP) ve su kaynaklı (WSHP) ısı pompalarının teknik performans ve çevresel etkilerini değerlendirmek için güncel literatürden elde edilen bulgular incelenmektedir. Ayrıca yaşam döngüsü GHG emisyonları, coğrafi enerji karışımı çeşitliliğinin etkisi ve ısı pompalarının hibrit ve bölgesel ısıtma sistemlerine entegrasyonu da tartışılmaktadır. Bu konudaki başlıca sonuçlar aşağıdaki paragraflardaki gibi özetlenebilir.

Hibrit ısı sistemlerinde en düşük özgül GHG salımı gerçekleşir. Bu değer, verilen ısı enerjisinin kWh'ı başına ortalama olarak 0,108 kgCO_{2-eq}) düzeyindedir. Hibrit HP sistemlerini, WSHP (0,018–0,216 kgCO_{2-eq}/kWh), GSHP (0,050–0,211 kgCO_{2-eq}/kWh) ve ASHP sistemlerinin (0,083–0,216 kgCO_{2-eq}/kWh) izlediği bildirilmektedir. HP sistemleri, teknoloji türüne ve enerji karışımına bağlı olarak %90 oranına ulaşan potansiyel GHG salımı azaltma potansiyeline sahiptir. Yüksek yatırım maliyetlerine rağmen, GSHP ve WSHP'lerin daha düşük çevresel ayak izi (FP), daha kararlı ısı girişi ve daha yüksek sezonluk performans katsayısından (SCOP) kaynaklanan daha iyi performansları nedeniyle bina sektörünün karbonsuzlaştırılması için bu teknolojileri cazip seçenekler haline getirmektedir. Isı pompalarının ısı depolama, yenilenebilir enerji ve akıllı kontrol teknolojileriyle entegrasyonu, pazar potansiyellerinin karşı karşıya olduğu zorluklara rağmen verimliliklerini ve iklimsel faydalarını daha da artırmaktadır. Özellikle hibrit tasarımlardaki ısı pompaları, sürdürülebilir bina ısı temini ve enerji dönüşümü için temel bir teknoloji olarak değerlendirilmektedir. Faydalarına rağmen, ısı pompalarının yaygın olarak benimsenmesi, yüksek ilk yatırım maliyetleri, eski binalarda iyileştirme zorlukları ve şebeke kapasitesi sınırlamaları gibi teknik ve ekonomik engellerle karşı karşıyadır. HP teknolojisinin yaygın olarak kullanılmasını hızlandırmak için sübvansiyonlar, performans standartları ve altyapı yatırımları yoluyla politika desteği gerekmektedir.

Yüksek verimli ısı pompalarının performansını karşılaştırdığımızda, toprak kaynaklı ve su kaynaklı ısı pompaları, özellikle orta veya karbon yoğun elektrik şebekelerine sahip bölgelerde, hava kaynaklı sistemlere kıyasla genellikle daha yüksek mevsimsel performans ve daha düşük sera gazı (GHG) emisyonları sunmaktadır. Literatürde analiz edildiği üzere, verilen ısı birimi başına GHG emisyonları şu şekildedir: WSHP (0,018–0,216 kgCO_{2-eq}/kWh), GSHP (0,050–0,211 kgCO_{2-eq}/kWh) ve ASHP'ler (0,083–0,216 kgCO_{2-eq}/kWh).

Yaşam Döngüsü Değerlendirmeleri (LCA), büyük ölçüde elektrik tüketiminden kaynaklanan operasyonel emisyonların, ısı pompalarının çevresel ayak izine hakim olduğunu ortaya koymaktadır. Bu nedenle, elektrik şebekesinin karbonsuzlaştırılması, ısı pompası sistemlerinin sürdürülebilirliğini doğrudan artırmaktadır. Isı pompalarının iklim üzerindeki etkisi, ısıtma talebi ve enerji karışımındaki farklılıklar nedeniyle bölgeler arasında önemli ölçüde değişiklik gösterir. Yüksek karbon yoğunluklu bölgelerde bile, ısı pompaları fosil yakıtlı sistemlerden daha iyi performans gösterir ve şebeke daha çevre dostu hale geldikçe faydaları da artar. Düşük



karbonlu enerji şebekelerinde, emisyon azaltımı doğal gaz kazanlarına kıyasla %90 düzeyine ulaşır. Isı pompalarını bölgesel ısıtma, ısı enerjisi depolama veya yenilenebilir enerji ile birleştiren hibrit sistemler, emisyonları daha da azaltabilir ve performansı iyileştirebilir; bu da onları iyileştirmeler ve yüksek talep senaryoları için güçlü bir aday haline getirir. Hibrit ısı pompası sistemlerine ilişkin incelenen literatür örnekleri, iletilen kWh ısı başına ortalama 0,108 kgCO₂-eş/kWh özgül GHG emisyonu bildirmektedir.

Üstünlüklerine rağmen, ısı pompalarının yaygın olarak benimsenmesi, yüksek ilk yatırım maliyetleri, eski binalarda iyileştirme zorlukları ve şebeke kapasitesi sınırlamaları gibi teknik ve ekonomik engellerle karşı karşıyadır. Benimsemeyi hızlandırmak için sübvansiyonlar, performans standartları ve altyapı yatırımları yoluyla politika desteği şarttır. Sonuç olarak, ısı pompaları bina sektörünün karbonsuzlaştırılmasının temel bir unsurudur. Diğer sürdürülebilir teknolojiler ve destekleyici politika çerçeveleriyle entegrasyonları, iklim hedeflerine ulaşmak ve dünya çapında enerji verimli, düşük emisyonlu ısıtma sistemlerini teşvik etmek için kritik öneme sahip olacaktır.

KAYNAKÇA

- Ahrens, M.U.; Loth, M.; Tolstorebrov, I.; Hafner, A.; Kabelac, S.; Wang, R.; Eikevik, T.M. Identification of Existing Challenges and Future Trends for the Utilization of Ammonia–Water Absorption–Compression Heat Pumps at High Temperature Operation. *Appl. Sci.* 2021, 11, 4635.
- Amahmoud, A.; El Attar, M.M.; Meleishy, A. The evolution of life cycle assessment approach: A review of past and future prospects. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 2022, 992, 012002.
- Aprianti, T.; Tan, E.; Diu, C.; Sprivulis, B.; Ryan, G.; Srinivasan, K.; Chua, H.T. A comparison of ground and air source heat pump performance for domestic applications: A case study in Perth, Australia. *Int. J. Energy Res.* 2021, 45, 20686–20699.
- Aresti, L.; Florides, G.A.; Skaliontas, A.; Christodoulides, P. Environmental impact of ground source heat pump systems: A comparative investigation from South to North Europe. *Front. Built Environ.* 2022, 8, 914227.
- Bacci, L.; Dal Cin, E.; Carraro, G.; Rech, S.; Lazzaretto, A. Economic–Energy–Environmental Optimization of a Multi-Energy System in a University District. *Energies* 2025, 18, 413.
- Banks, A.; Grist, C.; Heller, J.; Lim, H. Field Measurement of Central CO₂ Heat Pump Water Heater for Multifamily Retrofit. *Sustainability* 2022, 14, 8048.
- Carella, A.; Del Ferraro, L.; D’Orazio, A. Replacement Scenarios of LPG Boilers with Air-to-Water Heat Pumps for a Production Manufacturing Site. *Energies* 2023, 16, 6233.
- Dong, Y.; Zhu, L.; Sun, J.; Li, P.; Wang, T.; Li, Z. Optimized design and performance study of hybrid energy systems for building clusters based on image recognition and generative models: A case study of office parks. *Energy Build.* 2025, 332, 115438.
- Dongellini, M.; Natale, C.; Naldi, C.; Rossi di Schio, E.; Valdiserri, P.; Morini, G.L. Energy and Environmental Performance Comparison of Heat Pump Systems Working with Alternative Refrigerants. *Appl. Sci.* 2023, 13, 7238.



- Essadik, M.; Ouderji, Z.H.; McKeown, A.; Lu, Y.; Yu, Z. A multi-valve flexible heat pump system with latent thermal energy storage for defrosting operation. *Energy Build.* 2024, 321, 114656.
- Hofman, P.; Wade, F.; Webb, J.; Groenleer, M. Retrofitting at scale: Comparing transition experiments in Scotland and the Netherlands. *Build. Cities* 2021, 2, 637–654.
- Hofmeister, M.; Guddat, M. *Techno-Economic Projections Until 2050 for Smaller Heating and Cooling Technologies in the Residential and Tertiary Sectors in the EU*; Joint Res Centre (European Commission); Publications Office of the European Union: Luxembourg, 2017.
- Gajewski, A.; Gładyszewska-Fiedoruk, K.; Krawczyk, D.A. Carbon Dioxide Emissions during Air, Ground, or Groundwater Heat Pump Performance in Białystok. *Sustainability* 2019, 11, 5087.
- Jung, H.; Shin, J.; Yun, R. Comparison study of the renewable water source heat pump system with the conventional system. *J. Mech. Sci. Technol.* 2024, 38, 1557–1568.
- Jung, Y.; Kim, J.; Kim, H.; Nam, Y.; Cho, H.; Lee, H. Comprehensive multi-criteria evaluation of water source heat pump systems in terms of building type, water source, and water intake distance. *Energy Build.* 2021, 236, 110765.
- Kudela, L.; Špiláček, M.; Pospíšil, J. Influence of control strategy on seasonal coefficient of performance for a heat pump with low-temperature heat storage in the geographical conditions of Central Europe. *Energy* 2021, 234, 121276.
- Lu, H.; Zhang, H.; Lu, S. Revisiting the role of thermal energy storage in low-temperature electrified district heating systems. *IET Energy Syst. Integr.* 2024, 6, 845–861.
- Roth, A.; Gaete-Morales, C.; Kirchem, D.; Schill, W.P. Power sector benefits of flexible heat pumps in 2030 scenarios. *Commun. Earth Environ.* 2024, 5, 718.
- Rossi di Schio, E.; Ballerini, V.; Dongellini, M.; Valdiserri, P. Defrosting of Air-Source Heat Pumps: Effect of Real Temperature Data on Seasonal Energy Performance for Different Locations in Italy. *Appl. Sci.* 2021, 11, 8003.
- Sui, Y.; Sui, Z.; Liang, G.; Wu, W. Superhydrophobic Microchannel Heat Exchanger for Electric Vehicle Heat Pump Performance Enhancement. *Sustainability* 2023, 15, 13998.
- United Nations Environment Programme (UNEP). *2022 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-Emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector*; UN: Nairobi, Kenya, 2022; p. 42.
- Xu, X.; Liu, Y.; Yan, L.; Cao, Q.; Feng, H. Dual-Objective Optimization of Solar-Driven Energy Systems for Rural Households. *Energy* 2025, 318, 134745.
- Xue, T.; Jokisalo, J.; Kosonen, R. Cost-Effective Control of Hybrid Ground Source Heat Pump (GSHP) System Coupled with District Heating. *Buildings* 2024, 14, 1724.
- Xue, T. *Modelling, Design, and Control of Hybrid Ground Source Heat Pump System Coupled with District Heating*. Ph.D. Thesis, Aalto University, Espoo, Finland, 2025.
- Wang, X.; Xia, L.; Bales, C.; Zhang, X.; Copertaro, B.; Pan, S.; Wu, J. Photovoltaic/Thermal (PV/T) Technology and Heat Pump: A Review on Performance Improvement and Applications. *Renew. Energy* 2020, 159, 1249–1275.
- Zelazna, A.; Pawłowski, A. Review of the Role of Heat Pumps in Decarbonization of the Building Sector. *Energies* 2025, 18, 3255. <https://doi.org/10.3390/en18133255>.



TARIMSAL ÜRETİMDE SERA GAZI EMİSYONLARININ AZALTILMASI

Dr. Hasan Kaan KÜÇÜKERDEM

Iğdır Üniversitesi

kaan.kucukerdem@igdir.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-1593-4725

Dr. Ümran ATAY

Mardin Artuklu Üniversitesi

umranatay@artuklu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-2248-4582

Prof.Dr. Hasan Hüseyin ÖZTÜRK

Çukurova Üniversitesi

hhozturk@cu.edu.tr, ORCID NO: 0000-0001-6904-5539

ÖZET

İklim değişikliği konusunda yapılan araştırmalar, insan faaliyetlerinin sera gazı (GHG) emisyonlarında artışa katkıda bulunduğunu ve böylece küresel ısınma sürecini olumsuz etkilediğini göstermektedir. Küresel gıda sisteminin tek başına yıllık emisyonların yaklaşık %21-37'sinden sorumlu olduğu tahmin edilmektedir. Tarım sektöründe verimliliğin artması, kullanılan teknolojilerde ara girdilerin kullanımını azaltarak, tarımsal üretimden kaynaklanan emisyonların yoğunluğunu da azaltma eğilimindedir. tarımsal faaliyetler tüm antropojenik metan emisyonlarının yaklaşık yarısını ve antropojenik N₂O emisyonlarının yaklaşık dörtte üçünü üretmektedir. Diğer bilimsel araştırmalar, tarımın küresel antropojenik GHG emisyonlarının %10 ile %12'sinden sorumlu olabileceğini bildirmektedir. Buna karşılık, tarımdan kaynaklanan GHG emisyonları, örneğin sığır eti, süt ürünleri ve çeltik üretimi gibi birkaç üründe oldukça yoğunlaşmıştır ve tarımsal üretimdeki GHG emisyonlarının %80'inden fazlasını oluşturmaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi, emisyonların yoğunluğu ülkeye veya bölgeye ve üretilen ürünlere bağlı olarak önemli ölçüde değişmektedir. Bu bildiride, tarımsal üretimden kaynaklanan GHG emisyonlarının değişen iklim üzerindeki etkisi, toprak işleme tekniklerinin, yakıtların ve organik ve inorganik gübrelerin emisyon seviyeleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Tarım sektöründeki GHG emisyonlarıyla ilgili sorunlara, özellikle toprak işleme yöntemleri, gübreleme teknikleri, gübre üretimi, topraktan ve bitkilerden kaynaklanan GHG emisyon seviyeleri ve tarım makinelerinde kullanılan yakıt türlerine odaklanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tarımsal üretim, Sera gazı emisyonları, İklim değişikliği.

1. GİRİŞ

Karalar ve okyanuslar, insan faaliyetlerinden kaynaklanan tüm CO₂ emisyonları için (küresel olarak, yılda yaklaşık %56) soğurma işlevi görmeye devam etmektedir. Bu etkiler insan beslenmesinde, su ve sağlık ekonomilerinde fark edilir. İnsan faaliyetlerinin neden olduğu iklim değişikliği, dünya genelindeki her bölgede çok sayıda aşırı hava ve iklim değişikliklerine katkıda bulunur. Bu süreçlerin yoğunluğu, Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine ulaşma çabalarını engellemektedir. Tarım sektörü, doğal çevreyi etkileyen birçok faktörden biridir. Tarım, büyük ölçüde GHG emisyonlarından sorumlu tutulsa da, sadece dördüncü en karbon yoğun ekonomik sektör olarak sıralanmaktadır. 2023 yılının ikinci çeyreğinde, Avrupa Birliği



(AB) ekonomisindeki GHG emisyonları 821 milyon ton CO₂ eşdeğerine ulaşmıştır. En fazla GHG emisyonu imalat (%23,5), binalar (%17,9), elektrik ve gaz temini (%15,5) ve tarım (%14,3) ile ulaşım ve depolama (%12,8) sektörleri tarafından üretilmiştir (Lee ve Romero, 2023).

Mevcut durum, tarım makinelerinin kullanımı ve bunların yaydığı gazlarla veya çeşitli kimyasal maddeler yoluyla toprağın yapısı ve kimyasal bileşimine müdahale edilmesiyle bağlantılıdır. Küresel gıda sisteminin tek başına yıllık emisyonların yaklaşık %21-37'sinden sorumlu olduğu tahmin edilmektedir (Lynch ve Ark., 2021). Tarım sektöründe verimliliğin artması, iklim değişikliği son 50 yıldır dünya genelinde emisyon artışını engellemiştir (Lee ve Romero, 2023). Üretkenlikteki artış, kullanılan teknolojilerde ara girdilerin kullanımını azaltarak, tarımsal üretimden kaynaklanan emisyonların yoğunluğunu da azaltma eğilimindedir. Ancak, gıda ve tarım sistemleri tarafından yayılan GHG gazlarının bileşimi genel küresel emisyon dengesini yansıtmamaktadır. Aynı zamanda, Mbow ve Ark. (2019) tarafından bildirildiğine göre, tarımsal faaliyetler tüm antropojenik metan emisyonlarının yaklaşık yarısını ve antropojenik N₂O emisyonlarının yaklaşık dörtte üçünü üretmektedir. Diğer bilimsel araştırmalar, tarımın küresel antropojenik GHG emisyonlarının %10 ile %12'sinden sorumlu olabileceğini bildirmektedir (Pascuzzi ve Ak., 2024). Buna karşılık, Lynch ve Ark. (2021) tarafından bildirildiğine göre, tarımdan kaynaklanan GHG emisyonları, örneğin sığır eti, süt ürünleri ve pirinç gibi birkaç üründe oldukça yoğunlaşmıştır ve tarımdaki GHG emisyonlarının %80'inden fazlasını oluşturmaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi, emisyonların yoğunluğu ülkeye veya bölgeye ve üretilen ürünlere bağlı olarak önemli ölçüde değişmektedir.

Ayrıca, toplam tarım arazisinin %68'inin hayvansal üretim için kullanıldığı bildirilmiştir (Sokal ve Kachel, 2025). Avrupa Komisyonu, pazara sürdürülebilir ve yenilikçi yem katkı maddeleri sunarak daha sürdürülebilir hayvancılığı teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Et için inek yetiştiriciliğinde kg et başına GHG salımı, 12,1 kgCO₂-eş (ABD)–108,3 kg CO₂-eş (Hindistan) aralığında değişmektedir. Et için inek yetiştiriciliğindeki GHG emisyonları, diğer tüm gıda ürünleriyle karşılaştırıldığında en yüksek düzeydedir (Laborde ve Ark., 2021). Tarımsal üretimin karbon yoğunluğunu dikkate alarak yapılan tarımsal desteklerin incelenmesi ile ilişkili olarak, hükümet tarafından ödenen herhangi bir sübvansiyonun hem küresel tarımsal üretimi (%0,9) hem de ilişkili emisyonları (%0,6) artırdığı bildirilmiştir (Laborde ve Ark., 2021).

Avrupa Birliği (AB), tarım traktörlerini de içeren binek otomobiller, kamyonlar ve arazi araçlarından kaynaklanan egzoz emisyonları için standartlar getirmiştir (Lovarelli ve Bacenetti, 2019). Tarımdan kaynaklanan GHG emisyonları, her Üye Devlet için 2021-2030 yılları için yıllık hedefler belirleyen AB'nin Çaba Paylaşımı Yönetmeliği (ESR) kapsamındadır. Traktör üreticilerine, son yıllarda kurulan motorlarda bile belirli egzoz emisyon sınırları getirilmiştir (Bacenetti ve Ark., 2016). Bu düzenlemelere uymak için üreticiler, egzoz sisteminden partikülleri filtrelemek üzere tasarlanmış teknolojileri, örneğin egzoz arıtma sistemlerini ve partikül filtrelerini entegre etmişlerdir. Bu yaklaşımların yüksek maliyetler, önemli alan gereksinimleri ve sorunu tamamen ortadan kaldırma olasılığının olmaması ile karakterize edildiğine dikkat etmek önemlidir (Martini ve Ark., 2022). Tarım traktörlerinin, fosil yakıt tüketerek çeşitli tarımsal işlemlere güç sağlayan ve hava kalitesinde önemli bir azalmaya katkıda bulunan ana makineler olduğu yaygın olarak bilinmektedir. Renius (2020) tarafından yapılan analizlere göre, traktörlerde bir litre dizel yakıt yandığında 2,7 kg'a kadar CO₂ üretir ve



motorda yakıt yanma sürecinde üretilen kükürt dioksit (SO_2), azot oksitler (NO_x), hidrokarbonlar (HC), karbon monoksit (CO) ve partikül madde (PM) şeklinde diğer egzoz emisyonlarını çevreye yayar (Perozzi ve Ark., 20216). Ayrıca, metan (CH_4) ve nitroz oksidin (N_2O) küresel ısınmaya katkıda bulunan sera gazları olduğunu da belirtmekte fayda vardır. CH_4 bileşiği atmosferi ısıtmada son derece güçlüdür ve başlıca kaynakları arasında hayvancılık ve yakıt üretimi yer alır. Tüm bu gazlar atmosferde ısıyı hapseden ve böylece küresel sıcaklıkları artıran sözde bir 'battaniye' oluşturur. Havadaki varlıkları insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere de sahip olabilir. Ancak, egzoz emisyonları üzerindeki bu tür katı sınırlamaların mutlaka olumlu çevresel etkilere dönüşmediği unutulmamalıdır. Mevcut raporlara göre, NO_x emisyonlarını azaltmak için tanıtılan egzoz gazı sirkülasyon (EGR) sistemi, egzoz gazlarının temiz hava yerine yanma odasında sirküle edilmesi nedeniyle özgül yakıt tüketiminde %4 ile %10 oranlarında artışa ve motor verimliliğinde benzer bir azalmaya yol açmaktadır (Sokal ve Kachel, 2025). Ayrıca, içten yanmalı motorun silindirinde meydana gelen fiziksel ve kimyasal süreçlerin karmaşık ve tanımlanması veya simüle edilmesinin çok zor olması da önemlidir. Temel yanma denklemleri dikkate alındığında, CO_2 'in egzoz gazının diğer toksik bileşenlerine oranının yakıt yanma sürecinin doğruluğunun ve verimliliğinin bir ölçüsü olduğu varsayılabilir. Birçok araştırmada, geleneksel yakıtların tüketimine ve biyolojik kökenli ürünlere veya içten yanmalı motor değişkenlerini belirlerken tarım makineleri emisyonlarının değerlendirilmesine odaklanan sonuçlar belirlenmiştir. Son zamanlarda, birçok araştırmada, tarım traktörleri için ortalama motor emisyonlarını hesaplamanın farklı yöntemlerinin karşılaştırılması (Hansson ve Ark., 2001), bir tarım çiftliğindeki saha çalışmasının simülasyonu, enerji tüketimi ve ilişkili GHG emisyonları (Dyer ve Desjardin, 2003) ve araç tipi ve yakıt kalitesinin dizel motorlu araçlardan kaynaklanan gerçek toksik madde emisyonları üzerindeki etkisi (Nelson ve Ark., 2008) dahil olmak üzere dizel ve benzin yakan motorlardan açığa çıkan egzoz gazları incelenmiştir. Bazı araştırmalarda (Li ve Ark., 2006; Lindgren ve Ark., 2010; Janulevicius ve Ark., 2013), üretilen kirlenici emisyonlarla ilgili referans değerleri içermemelerine rağmen, traktörlerin çeşitli gerçek tarımsal işlevleri sırasındaki performans seviyeleri değerlendirilmiştir. Tarımsal GHG emisyonları hakkındaki bu bölümün amacı, farklı toprak işleme tekniklerinin ve organik ve inorganik gübrelerin (örneğin azotlu gübreler, biyogaz üretiminden açığa çıkan bulamaç veya kompost) uygulanmasının sera gazları ve diğer çevreye zararlı maddelerin emisyonları üzerindeki etkilerini açıklamaktır. Toprak işleme tekniklerinin, ürün uygulamalarının ve yakıt karışımlarının enerji tüketimini ve gaz emisyonlarını etkilemesinin etkisini belirlemek için en iki yıllık bir saha çalışması gerekir (Sokal ve Kachel, 2025). Bu zorluk, bu konu hakkında veri eksikliği nedeniyle üstlenildi. Bu bildirinin amacı, tarımdan kaynaklanan GHG emisyonları hakkındaki mevcut bilgileri kapsamlı bir şekilde değerlendirmektir. Ayrıca, CO_2 , CH_4 ve N_2O emisyonları ve bunların çevresel ve iklim etkileri hakkındaki çalışmalar incelenmektedir. Ek olarak, toprak işleme yöntemleri ve teknikleri incelenmiş ve emisyonları azaltmaya yönelik katkıları değerlendirilmiştir.

2. TARIMSAL ÜRETİMDE SERA GAZI EMİSYON KAYNAKLARI

Karbondioksit (CO_2) emisyonlarının ana kaynağı yakıt yanmasıdır. Birçok ülkede nitroz oksit emisyonlarının (N_2O) ana kaynağı tarım sektörüdür. N_2O emisyonları tarımsal topraklar ve hayvansal atıklardan kaynaklanır. Bu gazlar, azot oksitler (NO) dahil olmak üzere, atmosferik



azot oksidasyonu sonucu yüksek sıcaklıklar ve fazla hava bulunan motor yanma odalarında oluşur. Burada, öncelikle NO oluşur ve daha sonra NO₂'ye oksitlenir. Ayrıca, bir dizel motorun egzoz gazları da N₂O₃, N₂O₄ veya N₂O₅ içerir. Dizel egzoz gazlarındaki partikül madde (PM), hem organik bileşikler (örneğin, karbon siyahı ve hem yoğunlaştırılmış hem de kristal formdaki hidrokarbonlar) hem de kül, kükürt molekülleri, metal parçacıkları ve su gibi inorganik bileşikler içerir. Karbon siyahı, yakıt ve motor yağının eksik yanmasından kaynaklanan bir kalıntıdır ve egzoz emisyonlarının koyu rengine katkıda bulunur. Karbon monoksit (CO), öncelikle oksijen eksikliği nedeniyle, yakıtta bulunan karbonun eksik yanması sonucunda üretilir. CO, yakıt yanmasının ara maddeleri olan aldehitlerin parçalanması ve yüksek sıcaklıklarda CO₂ ayrışması sonucunda da üretilebilir. Kükürt oksitler (SO, SO₂ ve SO₃), dizel ve biyoyakıtlarda belirli miktarlarda kükürt bulunduğu için egzoz gazlarında bulunur. Kükürt, uyarıcı olarak oksijenle bir zincirleme reaksiyon sırasında oksitlenir. Biyodizel gibi Avrupa standartlarını ve modern motorların gereksinimlerini karşılayan gelişmiş kimyasal bileşime sahip yakıtların üretimi önemli bir rol oynar (Wasilewski ve Ark., 2024). Egzoz emisyonlarında bulunan hidrokarbonlar kanserojen etkiye sahip olabilir. Karbondioksit, toksik bir egzoz gazı maddesi olarak değil, sadece zararlı bir madde olarak tanımlanır. Sera etkisinin başlıca nedenidir ve yüksek konsantrasyonlarda canlı organizmalar için toksiktir. Karbon monoksitin hemoglobine karşı güçlü bir afinitesi vardır ve bu nedenle hipoksiye neden olur (Wasilewski ve Ark., 2024).

En zararlı azot oksitler, hem sinir sistemini hem de solunum yollarını etkiledikleri için NO₂ ve N₂O₄'tür. Azot oksit, baş dönmesine ve uzuvlarda uyuşmaya neden olur. Hidrokarbonlar zehirlenmeye neden olabilir ve solunum yollarını ve mukoza zarlarını tahriş edebilirken, PAH'lar kanserojen olarak kabul edilir (Sokal ve Kachel, 2025). Karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ve nitroz oksit (N₂O) gibi sera gazları, çeşitli insan faaliyetleri sonucunda, örneğin sürdürülemez tarım ve kömür, ham petrol ve petrol türevleri gibi fosil yakıtların kullanımı sonucunda yayılır (Scott ve Ark., 2023). Bu nedenle, tarımda enerji girdilerinin verimliliğini artırarak GHG emisyonlarını azaltmak mümkündür. Enerji açısından verimli tarımsal üretim teknolojilerinin kullanımı, tarımsal üretimde yakıt tüketimini azaltarak çevreye fayda sağlayabilir. Uygun şekilde değiştirilmiş bir tarımsal üretim teknolojisi kullanılarak, tarımdaki GHG emisyonlarının genel seviyesi üçte bir oranında azaltılabilir (Parton ve Ark., 2011).

2.1. Alternatif Yakıtlar

Fosil yakıt kaynaklarının tükenmesi ve iklim ve çevre üzerindeki olumsuz etkilerine ilişkin raporlar dikkate alındığında, dizel motorlar için alternatif bir yakıt, örneğin biyodizel veya alkollerin kullanımı değerlendirilmektedir. Bu alternatif yakıtlar, dizel ve benzinle birlikte içten yanmalı motorlarda karışım veya katkı maddesi olarak kullanılabilir (Solmaz, 2015). Biyodizelin alternatif yakıt olarak kullanılması, emisyonlarda azalma sağlamış olup, standart fosil yakıt eşdeğeri olan 94 gCO₂-eş/MJ ile karşılaştırıldığında, %77 ile %81 arasında tasarruf sağlamıştır. Sonuç olarak, 2021 yılında biyodizel yaklaşık 45 milyon ton CO₂-eş emisyonundan tasarruf sağlamıştır (Sokal ve Kachel, 2025). OECD-FAO (2021) raporlarına göre, Avrupa Birliği'nin dizel talebini eş zamanlı olarak azaltması ve elektrikli araçların kullanımını vurgulamasıyla gıda sektörü dışındaki bitkisel yağ talebinin azalması beklenmektedir. Bu nedenle, bölgedeki biyodizel üretiminin 2030 yılına kadar %7 oranında azalacağı ve böylece



küresel biyodizel üretimindeki payının %34'ten %30'a azalacağı tahmin edilmektedir. Bununla birlikte, biyodizel hala dizel yerine kullanılabilir ve geleneksel dizele yenilenebilir ve temiz yanan bir alternatiftir. Biyodizel, metanol veya etanol ile reaksiyonlar yoluyla oluşturulan ve bitkisel yağlardan, hayvansal yağlardan veya atık yağlardan türetilen metil veya etil esterlerle sonuçlanan bir tür yakıt karışımıdır. Tipik olarak, %20 oranına kadar biyodizel içeren bir biyodizel ve dizel karışımı kullanılır (B20). Biyodizel, bir dizel motorunda yanma sırasında hidrokarbon (HC), partikül madde (PM) ve karbon monoksit (CO) emisyonlarını azaltan ağırlıkça yaklaşık %10 oranında oksijen içerir. Biyodizel, karbondioksit (CO₂) ve hidrokarbon (HC) emisyonlarında azalmaya katkıda bulunur. Ancak aynı zamanda, azot oksit (NO_x) emisyonlarında sadece hafif bir artışa neden olur. Farklı palmiye bazlı biyodizel karışımları kullanıldığında dizel motor verimliliği üzerine yapılan bir çalışmanın sonuçları, yanmamış hidrokarbon (HC) emisyonlarında %73, karbon monoksit (CO) emisyonlarında ise %46 azalma olduğunu belirtmektedir. B20 oranında palmiye bazlı bir biyodizel karışımının kullanılması, geleneksel dizel ile karşılaştırıldığında egzoz emisyonlarını azaltır. Bununla birlikte, karışımlardaki palmiye biyodizelinin oranının artırılmasının, CO ve HC emisyonlarını azaltırken NO_x emisyonlarını artırdığı unutulmamalıdır (McCormick ve Ark., 2011). Biyodizelin, geleneksel dizel ile karşılaştırıldığında daha iyi motor yağlama özelliği sağlar. Bu durumun daha iyi motor performansına katkıda bulunabileceği düşünülmektedir. Biyodizel, Avrupa'da kolza tohumu yağı ve ABD'de soya fasulyesi yağı gibi bitkisel yağlardan üretilir. Ham petrol türevi geleneksel dizel ile karşılaştırıldığında, soya fasulyesi biyodizeli, dolaylı arazi kullanım değişikliği (ILUC) dikkate alınmadan GHG emisyonlarını %76 oranına kadar azaltabilir. Mevcut çeşitli ILUC uygulamaları, toplam GHG emisyonlarında %66 ila %72 oranında bir azalma sağlamanın mümkün olduğunu göstermektedir. Ayrıca, soya fasulyesi biyodizeli kullanıldığında fosil yakıt tüketim oranı dizelden %80 oranında daha düşüktür (Çanakcı, 2007). Yağların ve yakıtların ana bileşenleri trigliseritlerdir. Üretimleri için en yaygın kullanılan yöntem bitkisel yağların ve hayvansal yağların transesterifikasyonudur. Transesterifikasyon homojen, heterojen veya enzimatik olarak katalize edilebilir (Bajaj ve Ark., 2010) Transesterifikasyon reaksiyonu gliseritlerin alkole molar oranı, katalizörler, reaksiyon sıcaklığı, reaksiyon süresi ve yağlardaki ve katı yağlardaki serbest yağ asidi ve su içeriğinden etkilenir. Transesterifikasyon (metanoliz olarak da adlandırılır) trigliseritleri (bitkisel yağlardan ve yağlardan) ve alkolü (metanol) uygun bir katalizör varlığında yan ürün olarak yağ asidi metil esterlerine (FAME) ve gliserole dönüştürür (Mota ve Ark., 2022). Gerçekleşen reaksiyonlar aşağıda verilmiştir. Transesterifikasyon reaksiyonu hem homojen hem de heterojen katalizörler tarafından katalize edilebilir. En yaygın olarak kullanılan alkali katalizörler arasında sodyum hidroksit, sodyum metanolat ve potasyum hidroksit bulunur (Vicente ve Ark., 2004).

Biyodizel ayrıca algler veya diğer mikroorganizmalar gibi lipidlerin fermentasyonu yoluyla da üretilebilir. Fermentasyonda yaygın olarak *Rhodotorula glutinis* (Kuan ve Ark., 2018) ve *Lipomyces starkeyi* (Martani ve Ark., 2020) gibi mayalar kullanılır.

2.2. Tarım Makineleri Ve Sera Gazı Emisyonları

Dünyanın önde gelen bilimsel ve araştırma merkezleri, makinelerin gerçek yaşam çalışma koşullarında, diğer bir deyişle sahada çevre dostu olup olmadığını değerlendirmek için önlemler almaktadır. Bu durum, emisyon sorununun daha geniş bir şekilde anlaşılmasını ve aynı



zamanda yeni çözümlerin geliştirilmesini veya mevcut çözümlerin bu makine grubunun doğal çevre üzerindeki olumsuz etkisini en aza indirmek için değiştirilmesini sağlar. Bunun nedeni, dünyanın dört bir yanındaki tarım çiftliklerinin filolarında az kullanılan ve modası geçmiş makineler bulunmasıdır. En son teknolojik çözümlere sahip modern ve güncellenmiş makinelerle donatılmış çiftliklerde çok çeşitli makineler kullanılmaktadır. Bu durum sonuç olarak tarım makinelerinin değişkenliğini etkiler ve tarımsal kirletici emisyonlarının etkili bir şekilde ölçülmesini engeller. Bu zorluklar hem veri toplama hem de değişkenlerin yer ve zamana bağımlılığıyla bağlantılıdır. İşlemlerin mümkün olan en düşük yakıt tüketimiyle gerçekleştirilebilmesi için tarım traktörlerinin hem üretim uygulamalarında hem de üretim uygulamaları dışında mümkün olduğunca verimli çalışması gerekir. Seyyedhasani ve Dvorak (2018), güzergah (yol) optimizasyonu sonucunda saha çalışmalarını gerçekleştirmek için gereken sürenin %17,3 oranında, traktörlerin toplam çalışma süresinin ise %11,5 oranında azaldığını bildirmiştir. Bu etkiler, saha çalışmaları sırasında daha iyi traktör performansı düzenleyerek ve amaçlanan işlem için optimum traktör ve alet yapılandırmalarını seçerek sağlanmıştır. Çekiş kuvveti arttıkça, hareket tekerleğinin patinaj yaptığı belirlenmiştir. Patinaj oranı %14 ile %16 arasında olmalıdır (Battiato ve Diserens, 2017). Bu sınırın üzerinde, verimlilik ve performans azalır ve toprak yapısı daha fazla zarar görür. Traktör ile çalışma verimliliğini artırmak için, örneğin doğru araçları ve yüklenme oranlarını seçme, gereksiz geçişleri ortadan kaldırma ve motor rölanti süresini azaltma gibi, farklı yöntemler vardır. Peça ve Ark. (2010) tarafından yapılan bir araştırmada, bir traktörün yakıt tüketiminin ve egzoz emisyonlarının büyük ölçüde motor hızı ve yüklenme oranı tarafından belirlendiği bildirilmektedir. Motor hızının nominal değerinin %70-85'i olması ve traktör motorun maksimum gücünün %80'ini geliştirmesine olanak sağlayacak şekilde yüklenmesi durumunda %5-25 yakıt tasarrufu sağlanabileceğini belirlenmiştir. Bununla birlikte, Janulevičius ve Ark. (2016) ve Lovarelli ve Ark. (2017) tarafından bildirildiğine göre, tarım traktörleri çoğu zaman maksimum motor gücünün sadece %50-70'ine kadar yüklenerek çalışmaktadır. Ayrıca, rölanti süresi toplam çalışma süresinin %20-30'unu oluşturmaktadır.

2.3. Gübreleme

Toprağın organik gübreler ile gübrelemesi, ürün büyümesini, verimi, toprak karbon içeriğini, mikrobiyal biyokütleyi ve aktiviteyi iyileştirmeye yardımcı olduğu için sürdürülebilir tarım için önemlidir. Ayrıca, toprakta karbon tutulma oranını ve kapsamını etkiler. Ancak, yüzey sularının ötrofikasyonu ve GHG emisyonları gibi bazı olumsuzlukları vardır. Karbon ve diğer GHG emisyonlarının gübreleme uygulamasına ve gübrelemenin yapılmamasına verdiği tepkiler araştırılmıştır. Bu araştırmalara göre, besinler mikrobiyal ve bitki solunum süreçleri için çok önemlidir. Bu nedenle, topraktaki doğal N ve C içerikleri ve gübre uygulamasının atmosferde birikmesi de önemlidir. Pilegaard ve Ark. (2006) tarafından bildirildiğine göre, N₂O emisyonları C/N oranıyla negatif korelasyon gösterir. N₂O emisyonları organik maddenin sınırlı ayrışması durumunda C/N oranları ≥ 30 olduğunda en düşük ve optimum ayrışma ve humus birikimi için en yüksek değer C/N = 11'dir. Zhang ve Ark. (2010) tarafından, çeltik tarlasında biyokömür gübrelemesinin verim üzerindeki etkisini ve CH₄ ve N₂O emisyonlarını değerlendirmek amacıyla yapılan bir araştırmada, organik değişiklik nedeniyle %12-14 daha yüksek çeltik verimi ve %34-41 daha yüksek CH₄-C emisyonu belirlenmiştir. Uygulanan gübre



dozları bitkinin ihtiyaçlarına göre ayarlanmalıdır. Çünkü azotun tüm formları bitkiler tarafından alınamaz. Böyle bir yaklaşım, N_2O emisyonlarını en aza indirmeye önemli ölçüde katkıda bulunacaktır. Bitkilere verilen ve alınmayan azot miktarları, N_2O emisyonlarının artmasına neden olur. Sanz-Cobena ve Ark. (2014) tarafından belirtildiği gibi, toprağın su içeriği de artan N_2O emisyonlarını engellemeyi amaçlayan bir gübre türünün seçilmesinde büyük önem taşır. Ek olarak, gübrelerin kullanımı da toprak işleme sisteminden etkilenir.

2.4. Tarımsal Uygulamalar

Tarımsal faaliyetler ve yönetim uygulamaları da CO_2 emisyonlarını etkiler. Çünkü bunlar toprak organik maddesini veya toprak karbonunu değiştirebilir. Bu nedenle, toprak işleme, toprak, hava ve su biçimindeki kaynakların kalitesini etkileyen beceri gerektiren bir tarımsal yönetim uygulamasıdır. Bu nedenle, gıda ve yakıt ihtiyaçlarını karşılamak için üretkenliği artırma, emisyonları azaltma ve iklimle ilgili tehlikelere karşı dayanıklılığı artırma temel amacıyla sürdürülebilir çevresel, sosyal ve ekonomik kalkınmayı teşvik eden tarımsal uygulamaları belirten iklim dostu tarıma geçmek uygun görünmektedir. Yenileyici tarım biçimi, toprağın sağlığı da dahil olmak üzere sağlığın korunması ve iyileştirilmesini vurgulayan çeşitli ilkelere odaklanır. Toprak yapısındaki mevcut değişiklikler, kaynak ve emilim işlevlerini etkileyebilir. Toprak yapısını iyileştirmek için temel önlemler, topraktaki karbon (organik madde) kaynaklarını artırmaya katkıda bulunan arazi yönetimi uygulamalarını içerir. Ürün yetiştirme sezonunun süresinde veya kapsamındaki küçük bir değişiklik bile yıllık CO_2 akışında önemli değişikliklere neden olabilir. Uygulanan tarımsal yönetim uygulamaları, topraktaki karbon tutulmasının artırılmasında önemli bir rol oynar. Uygun şekilde yönetilen tarım, organik madde girdisini artırarak ve toprak organik madde ayrışma oranını azaltarak karbonun toprakta depolanmasına yardımcı olur.

Toprak işleme, yükseltilmiş karbonun (C) ayrışması nedeniyle, toprak karbon tutulmasında (SCS) genel azalmaya katkıda bulunabilir. Bu nedenle, azaltılmış toprak işleme veya toprak işlemez tarım, toprakta karbon tutulmasında (SCS) artış ve CO_2 emisyonlarını azaltmak için bir yöntem olarak kabul edilir. Bu yöntem ayrıca ürün rotasyonu tasarımı, diğer bir deyişle organik madde içeriğini artıran bitkilerin ürün rotasyonuna dahil edilmesini, örneğin büyük ve küçük tohumlu baklagiller, çim karışımları, ekilebilir arazideki çimler, gübre ve kompost kullanılarak gübreleme (atık kompostlama veya solucan gübresi sırasında üretilen) veya ürün artıklarının (örneğin saman) tarlada bırakılmasını ve bunların toprağa verilmesini içerir. Başka bir yaklaşım, toprak karbon mineralizasyonuna ve GHG emisyonlarında azalmaya katkıda bulunan birkaç önemli faktörü belirten Garnier ve Ark. (2022) tarafından yakın tarihte yapılan bir araştırmada dikkate alınmıştır. Topraktaki solucan yoğunluğu ve solucan aşılmasından bu yana geçen süre, aynı zamanda vermikompost turbalarında uygun havalandırma, nem içeriği ve sıcaklık seviyelerinin korunması incelenmiştir.

2.4.1. Yetiştirme Teknolojileri

Tarımsal faaliyetlerin karbondioksit (CO_2), azot oksit (N_2O) ve metan (CH_4) olmak üzere üç sera gazının emisyonları üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Günümüzde dünya genelinde çeşitli toprak işleme uygulamaları kullanılmaktadır. Bu amaçla geleneksel toprak işleme, sıfır toprak işleme (NT), azaltılmış toprak işleme (RT), minimum toprak işleme



(MT), sırt toprak işleme (RiT), şerit toprak işleme (ST), stratejik toprak işleme (STR) ve derin toprak işleme (DT) uygulanmaktadır. Farklı ürün yetiştirme ve toprak işleme tekniklerinin uygulanması, GHG emisyonlarına neden olan başlıca faktördür. Gıda işleme, tarımsal girdilerin kullanımı ve çiftçilik için arazi kullanımı gibi faaliyetler de dahil olmak üzere yakıt ve enerji tüketimi, tarımın yoğunlaşmasına katkıda bulunur. Tarımsal faaliyetlerde enerji tüketimi sırasında yayılan CO₂ dahil, sürdürülebilir tarım ve tarım ve sanayide enerji tüketiminden kaynaklanan GHG emisyonlarını en aza indirmek gibi etkili azaltma ve uyum stratejilerinin geliştirilmesi çok önemlidir. Tarımsal üretimin yoğunlaştırılması ve inorganik ve organik gübrelerin kullanımı, tarımdan kaynaklanan artan GHG emisyonlarının arkasındaki ana nedenlerdir. CO₂ seviyelerindeki artış, toprak karbon bütçesini, ürün verimliliğini ve toprak mikrobiyomları tarafından yönlendirilen besin metabolizmasını hem doğrudan hem de dolaylı olarak etkileyebilir. Ürün büyümesini desteklemek için kullanılan işlem türü ve sayısı ve teknolojiler, yüksek kaliteli son ürünlerin (tohumlar ve yağ) üretilmesini sağlar. Bu durum çevreye GHG emisyonlarına neden olur. Tarımsal üretim sektörü, gıda güvenliğini tehlikeye atmadan ve gıda üretim maliyetlerini artırmadan herhangi bir küresel, sürdürülebilir iklim istikrar stratejisinin ayrılmaz bir parçası olmalıdır. Bu nedenle, ürün verimliliğini artırırken GHG emisyonlarını azaltan yönetim uygulamaları esastır. Raporlara göre, karbondioksit (CO₂), tarımsal topraklardan kaynaklanan toplam GHG emisyonlarının %20'sini oluşturmaktadır. Bu nedenle, çevresel performans ve ekonomik planlama için azaltma stratejilerinin geliştirilmesini sağlamak amacıyla tarımsal topraklardan kaynaklanan CO₂ emisyonlarının değerlendirilmesi gereklidir (Yadav ve Wang, 2017).

Hayvan yemi için ürün yetiştirilmesi toprak karbon dengesini etkiler. Çayırılar genellikle karbonu tutarken, tahıllar gibi yıllık bitkilerin yetiştirilmesi karbon salma eğilimindedir (Vellinga ve Ark., 2004). Petersen ve Ark. (2013), toprak karbonundaki değişikliklerin, bireysel ürünler için kısmi bir karbon bütçesi hesaplanarak ve bunun topraktan kaynaklanan bozunma ve CO₂ emisyonları ile bunun sonucunda oluşan atmosferik CO₂'deki değişikliklerle birleştirilerek yaşam döngüsü değerlendirmesinde (LCA) dikkate alınabileceğini belirtmişlerdir.

Toprak işleme teknolojileri, sera gazlarının atmosfere salımı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Toprak işlemez tarımın, pullukla işleme ve pulluksuz işleme ile karşılaştırıldığında metan emisyonlarını azaltır. Toprak işlemez tarım veya azaltılmış toprak işleme, tarımın sürdürülebilir gelişimi üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Toprak karbon içeriğini artırır, toprak erozyonunu azaltır, toprağın fiziksel koşullarını iyileştirir ve ürün verimini tehlikeye atmadan GHG emisyonlarını azaltır. Toprak işlemez tarımı geleneksel tarımla karşılaştırıldığında, birincisi CH₄ emisyonlarının azalmasına neden olur (Chataut ve Ark., 2023). Pulluk kullanılmayan sistemde toprağı işlerken, pulluk yerine diskli tırmık, anız kültivatörü ve döner riper gibi diğer işleme aletleri kullanılır. Bu durum, toprağın alt üst edilmemesi ve ürün artıklarının ve ara ürünün tarlada bırakılarak malç oluşturulması ve geçiş sayısının azaltılmasıyla sonuçlanır. Bu teknoloji tarla sulamasını iyileştirir ve CO₂ emisyonlarını ve erozyondan kaynaklanan kayıpları azaltır. Şimdiye kadar yapılan çalışmalar, pulluk kullanılmadan toprak işlemenin GHG emisyonları üzerindeki etkisiyle ilgili kesin bir sonuca varamamıştır. Sonuçlar iklime, toprak türüne vb. bağlı olarak değişir. Toprağı pulluk ile Sürme, en fazla enerji gerektiren toprak işleme işlemidir. Yakıt yakıldığında, egzoz gazının ana bileşeni karbondioksittir. Tüketilen 1 L dizelin 3,15 kg karbondioksite eşit olduğu



hesaplanmaktadır. Toprak işlemenin bırakılması yakıt tasarrufu ve daha düşük GHG emisyonlarıyla sonuçlanır. Üç farklı toprak işleme sisteminde yakıt tüketimi sonucunda CO₂ salımları belirlenmiştir (Sokal ve Kachel, 2025). Bu hesaplamalara dayanarak, geleneksel pullukla toprak işlemenin 180,76 kgCO₂/ha, pulluksuz toprak işlemenin ise 89,36 kgCO₂/ha, toprak işlemesiz tarımın ise sadece 19,50 kgCO₂/ha yaydığı bulunmuştur.

Günümüzde basitleştirilmiş toprak işleme sistemlerine doğru ilerlemek için çabalar sarf edilmektedir. Korumalı toprak işleme, sürdürülebilir tarımda uygulanan tekniklerden biridir. Toprak bozulmasını önleyen ve üretkenliğini ve verimliliğini koruyan malçlama yapılmasını içerir. Amerika Birleşik Devletleri'nde temel bir toprak işleme yöntemi iken, Avrupa'da küresel ısınmayı azaltmadaki rolü nedeniyle önem kazanmaktadır. Bu tür toprak işlemenin avantajları, toprak su erozyonunun önlenmesi, bitkilerde daha derin kök gelişimi, azaltılmış yetiştirme maliyetleri, azaltılmış azot kayıpları ve iyileştirilmiş toprak yapısı dahil olmak üzere geniş kapsamlıdır. Yöntem, toprak mikroorganizmalarının yardımıyla ayrışarak humus oluştururken, toprak verimliliğini artıran en az %30 oranında ürün artıklarının (organik madde) dahil edilmesini gerektirir. Organik madde toprak erozyonunu, diğer bir deyişle üst toprağın sızmasını önler. Sürme sisteminde toprak işlemeyi azaltmak, CO₂'in toprakta tutulmasıyla sonuçlanır ve toprağı CO₂ emici haline getirir. Organik maddenin toprağı dahil edilmesi su infiltrasyonunu artırır, havalandırmayı iyileştirir ve hacim yoğunluğunu etkiler. Ayrıca tampon kapasitesi ve katyon değişim kapasitesi gibi toprağın kimyasal özelliklerini de etkiler. Bu toprak işleme sisteminin bir diğer avantajı da traktör geçiş sayısının azalması, bunun sonucunda daha düşük yakıt maliyetleri, süreden tasarruf ve toprak erozyonu azalmasıdır. Araştırmalar, koruma amaçlı toprak işlemenin artan su bulunabilirliğinden kaynaklanan toprak mikroorganizmalarının gelişmiş aktivitesi nedeniyle CO₂ emisyonlarını artırabileceğini belirtmektedir. Toprak nem düzenlemesi, toprak azotunun denitrifikasyonu ve nitrifikasyonu nedeniyle topraktan gelen N₂O emisyonlarını etkiler. Artan nem bu süreçleri yoğunlaştırır. Mevcut literatür, bu toprak işleme sisteminin emisyonlar üzerindeki etkisini farklı şekilde açıklamaktadır. Bu farklılıklar, toprağın fiziko-kimyasal özelliklerinden, örneğin pH ve besin konsantrasyonundan kaynaklanabilir. Yue ve Ark, (2023), azaltılmış toprak işlemenin N₂O ve CH₄ emisyonlarını sırasıyla, %31,0 ve %24,7 artırdığını, ürün verimini ise CO₂ emisyonları üzerinde bir etki yaratmadan %17,4 azalttığını, toprak işleme yapılmamasının ise CO₂, N₂O ve CH₄ emisyonlarını ve toplam küresel ısınma potansiyelini (GWP) ortalama olarak sırasıyla, %15,1, %7,5, %19,8 ve %22,6 oranlarında azalttığını bildirmişlerdir. Yeni ve yenilikçi bir teknoloji, toprak boyunca ısı dalgasının daha fazla sönümlenmesini sağlayan yüksek yansıtıcı malçlama membranıdır. Yüzeydeki sıcaklıktan %16 oranına kadar daha düşük bir sıcaklığa yol açabilir ve bu da bitki büyümesi için faydalı olabilir (örtülü toprak, ortalama olarak, örtülü olmayan topraktan 3 °C daha soğuktur). Ek olarak, membranın optik özellikleri, tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan CO₂ emisyonlarının yaklaşık 0,1 tCO₂-eş/m² oranında dengelenmesini sağlar (Manni ve Ark., 2021). Di Giuseppe ve Ark. (2023) tarafından yapılan çevresel izleme çalışmasının ön sonuçları, toprak sıcaklığı değerlerinin, günün orta saatlerinde malç membranla kaplı bölümde daha düşük olduğunu göstermiştir. Önerilen tarımsal teknoloji, geleneksel tekniklerle yetiştirilen ürünlere kıyasla gıda ürünlerinin besin özelliklerini korurken gıda ürünlerinin verimliliğinde on kat artışa olanak tanır.



2.4.2. Organik Ve İnorganik Gübreler

Tarla tarımının ilk dönemlerinde, insanlar toprak verimliliğini artırmak için gübre ve öğütülmüş kemikler şeklinde mineral ve organik gübreler kullanmışlardır. Medeniyetin gelişmesi gübre endüstrisinin gelişmesine katkıda bulunmuş ve ticari olarak temin edilebilen çok sayıda gübre türü geliştirilmiştir. İki ana gübre türü organik gübreler ve mineral (inorganik) gübrelerdir. 20. yüzyılın başlarında azot üretimi için ilk yöntemler kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemlerin ilki, nitrik asit ve kalsiyum nitrat elde etmek için havayı bir elektrik arkından geçirmek olmuştur. Daha sonra, kalsiyum siyanamid oluşturmak için elektrikli bir fırında kireç ve kok reaksiyonunu kullanılmış ve en sonunda, azot ve hidrojenin katalitik sentezi uygulanmıştır (Zhang ve Ark., 2022).

Organik gübreler, gübre, kompost, deniz ürünleri, algler ve tarımsal ve belediye kökenli diğer organik maddeler gibi doğal ham maddelerden üretilir. Organik ayrışma sonucunda toprağa kademeli olarak salınan besin açısından zengindirler. Buna karşılık, yapay gübre olarak da bilinen mineral gübreler, endüstriyel olarak üretilir ve mineral tuzlarından oluşur. Bunlar, uygun bitki büyümesi için gerekli olan azot, fosfor ve potasyum gibi besinler açısından zengindir. Daha önce de belirtildiği gibi, gübre endüstrisi esas olarak bitki tarafından kullanılabilir formlarda üç ana bitki besin maddesi olan azot, fosfor ve potasyum sağlamakla ilgilenir. Azot formundaki bu bileşenler, element formunda azot (N) olarak belirtilir. Fosfor ve potasyum, oksitler (P_2O_5 ve K_2O) veya elementler (P ve K) olarak ifade edilebilir. Kükürt de, kısmen süperfosfat ve amonyum sülfat gibi ürünlerde bulunan sülfatlar yoluyla büyük miktarlarda sağlanır. Her iki gübre formunun da toprağa eklenmesi, ürünlere büyümek için ihtiyaç duydukları uygun besinleri sağlar. Günümüzde azotlu gübre üretiminin esas olarak doğal gaz gibi fosil yakıtlara dayandığı ve bunun da dünya genelinde çevre krizine katkıda bulunduğu unutulmamalıdır. Gübre üretiminde karbondioksit emisyonlarının yoğunluğunu azaltmada önemli ilerlemeler kaydedilmiş olsa da, bu emisyonları azaltmak için hala önemli bir baskı bulunmaktadır (Wood ve Cowie, 2004).

Bu süreçlerdeki ilerlemeler, yapay gübre bazlı tarımı dönüştürerek, ürün üretiminin artmasına ve bir dönüm araziden beslenebilecek insan sayısının iki katına çıkmasını sağlamıştır. Bu dönüşüm, küresel gıda güvenliğini garanti altına almada önemli bir rol oynamış ve gıda üretiminde %30-50 oranlarında bir artışa sağlamıştır (Zhang ve Ark., 2022). Ancak bu artış, gezegenin ısınmasına, toprak, su ve hava kirliliğine ve biyolojik çeşitliliğin kaybına katkıda bulunan sera gazı (GHG) emisyonlarını artırmıştır. Tarımsal üretim, hem gübre üretimi hem de uygulaması yüksek miktarda zararlı GHG emisyonuna katkıda bulunduğundan, iklim kirliliğinin ikinci büyük kaynağıdır (Erisman ve Ark., 2008). İnorganik (yapay) gübre üretimi fazla miktarda enerji gerektirir. Bu enerjinin çoğu, sera gazları (GHG) yayan kömür ve metan veya doğal gaz gibi fosil yakıtların yakılmasıyla karşılanır. Kimya ve petrokimya sektörleri en büyük endüstriyel enerji tüketicileridir. Mevcut gübreler, gıda güvenliğini ve dünyanın gıdasının yarısının üretimini sağlayan Avrupa'nın stratejik özerkliğini sağlamak için elzemdir. Ek olarak, tarımsal üretimin CO_2 dışındaki GHG emisyonlarına katkıda bulunan başlıca antropojenik faktörler arasında olduğu düşünülmektedir (Sokal ve Kachel, 2025). Bununla birlikte, sentetik azotlu gübrelerin üretimi tek başına küresel enerji tüketiminin yaklaşık %2'sini oluşturmaktadır (Kongshaug, 2023). Bu süreçte yer alan birincil sera gazları arasında azot oksit



(N₂O), metan (CH₄) ve karbondioksit (CO₂) ile önemli miktarda amonyak (NH₃) emisyonu bulunur.

Avrupa'daki önde gelen gübre üreticilerini bir araya getiren kuruluşa (Fertilizers Europe) bağlı olan gübre üreticileri, varlıklarının karbondan arındırılması için genel bir plan benimseyecektir. Bu şirketler, 2020 yılına kıyasla 2040 yılına kadar GHG emisyonlarını %70 oranında azaltmayı ve 2050 yılına kadar Avrupa gübre üretimini iklim açısından nötr hale getirmeyi taahhüt etmişlerdir. Raporlara göre, tek başına amonyak üretimi bu sektörde tüketilen enerjinin yaklaşık %17'sini oluşturmaktadır. Gübre üretimi küresel enerjinin yaklaşık %1,2'sini tüketmekte ve toplam GHG emisyonlarının yaklaşık %1,2'sini oluşturmaktadır (Kongshaug, 2023). Raporlara göre, amonyak üretimi halihazırda küresel karbondioksit emisyonlarının %1-2'sine katkıda bulunmaktadır (Sokal ve Kachel, 2025). Ayrıca, ekilerek üretilen bitkilerin gübrelerden aldıkları azotun ortalama olarak yaklaşık yarısını aldıkları da belirtilmelidir (Sokal ve Kachel, 2025). Kullanılan gübrenin çoğu su yollarına akar veya topraklardaki mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılır. Böylece atmosfere güçlü sera gazları (NH₃, NO ve N₂O) salınır ve bu da havayı kirletir. Bu N kayıpları, temel ekosistem işlevlerini bozan ve insan sağlığı için tehlike oluşturan bir dizi istenmeyen çevresel etkiye neden olmuştur.

2.4.2.1. Azotlu Gübreler

Tarımda ürün üretimini artırmak için 1950'lerden beri çok sayıda azotlu gübrenin kullanıldığını belirtmek önemlidir (Erisman ve Ark., 2008). Bu azotlu gübrelerin üretimleri, esas olarak bunları üretmek için gereken büyük miktarda enerji ve doğal gaz nedeniyle önemli bir çevresel etkiye sahip olabilir. Enerji ve doğal gaz tüketimindeki azalma, içerdikleri besin maddelerinin daha verimli kullanımı ve biyolojik dezenfeksiyon gibi bunları elde etmenin doğal, alternatif yöntemlerinin aranması yoluyla tarımda kullanılan mineral gübrelerin miktarını azaltmayı amaçlayan önlemlerle bağlantılıdır.

Azotlu gübrelerin tüm yaşam döngüsünü (üretimden tarlada kullanıma kadar) inceleyen bir çalışma (Torrellas ve Ark., 2012), en büyük çevresel etkinin gübre üretimi ve gübre kullanımından kaynaklanan azot dioksit emisyonlarından kaynaklandığını ortaya koymuştur. Üretim aşamasında, en yüksek çevresel etki göstergesi değerleri iklim değişikliği, fosil yakıt kaynaklarının tükenmesi ve tatlı su kütlelerinin asitlenmesi ve ötrofikasyonu olarak belirtilmiştir. Taşımacılık açısından, fosil yakıt kullanımının etkisi baskındır (Sobolewska ve Bukowski, 2025).

Topraktaki minerallerin biyoyararlanımını artırmaya yönelik çevre dostu bir yaklaşımın örnekleri arasında, topraktaki NO₃⁻-N, değiştirilebilir K₂O, Ca²⁺, Na⁺ ve Mg²⁺ konsantrasyonunu ve toprak özütünde elektriksel iletkenlik seviyesini artıran organik takviye (Mauromicale ve Ark., 2011) veya aynı çiftlikte üretilen biyokütleden elde edilen besinlerle ürünlerin gübrelenmesini içeren biyodezenfeksiyon yer alır. Fan ve Ark. (2004) tarafından yapılan bir araştırmada, mineral gübrelerde sağlanan azotun sadece %30-50 arasında değişen bir oranının bitkiler tarafından alındığı, kalan %50-70'inin ise mikroorganizmalar tarafından kullanıldığı veya toprağa, yüzey sularına ve yeraltı sularına sızdığı belirtilmiştir.

Azotlu gübrelerin üretimiyle ilgili olarak, tüm sentetik azotlu gübrelerin azot ve hidrojen sentezlenen amonyaktan (NH₃) kaynaklandığına dikkat edilmelidir. Doğada, bir (NH₃) gübresi protein içeren maddelerin ayrışma ürünü olarak üretilirken, endüstriyel ortamda, üretiminde



kullanılan temel hammaddeler doğal gaz ve havadır. Yapay olarak üretilen azotlu gübreler, N_2O üretimini artırarak nitrifikasyon ve denitrifikasyon yoluyla mikrobiyal azot dönüşümü için bir materyal sağlar. Gübrelerden kaynaklanan yıllık küresel azot tüketiminin yaklaşık 100 teragram (Tg) N olduğu tahmin edilmektedir (Erisman ve Ark., 2008). Geleneksel gübre üretiminde, amonyak, azot ve hidrojenin (Haber-Bosch işleminde) birleştirilmesi ve hidrojenin buhar metan reformasyonu (SMR) ünitesinde doğal gazdan üretilmesiyle üretilir. Ortaya çıkan ürün zinciri, doğal gaz-hidrojen üretimi-amonyak üretimi-gübre üretimini içerir. Bu, oldukça enerji yoğun bir işlemdir. Doğal gazdan gelen hidrojeni (CH_4) ve havadan gelen azotu amonyaka dönüştürür. Amonyak daha sonra en yaygın kullanılan azotlu gübreler olan üre ve amonyum nitrat üretmek için kullanılır (Walling ve Vaneeckhaute, 2020). Azotlu gübreler, azot oksitini (N_2O) ana antropojenik kaynağıdır. Düşük karbonlu amonyak üretim teknolojileri, CO_2 'in yakalanıp biyoyakıt veya plastik üretmek için diğer son işlemlerde kullanıldığı karbon yakalama ve kullanımını (CCU) içerir. Bunlara ayrıca elektroliz veya alternatif azot kaynakları veya biyometan kullanımı da dahildir. Bu durum, doğal gaz yerine biyometan kullanımı sayesinde fosil kaynaklardan kaynaklanan CO_2 emisyonlarından kaçınmayı gerektirir. CCU pozitif bir net atmosferik karbon dengesi üretmez ve birkaç önemli kanu dikkate alınmalıdır. CO_2 termodinamik olarak kararlı bir karbon formu olduğundan, ondan ürün üretmek enerji yoğun bir işlemdir ve CCU'nun karlılığı kısmen atmosfere salınan CO_2 emisyonlarının fiyatına bağlıdır (Chataut ve Ark., 2023).

Üre (46-0-0), tarımsal üretimde en yaygın kullanılan azotlu gübredir ve küresel azot uygulamasının %73,4'ünü oluşturur (Zhang ve Ark., 2022). Ancak, üreden azotun hızlı bir şekilde salınması, ürünün azot gereksinimleriyle senkronize edilemeyen bir azot tedarikine neden olur ve azotun %20-70'inin ürünler tarafından kullanılmamasına yol açar (Sutton ve Ark., 2011). Bu durum, beklentileri karşılamayan verimlere ve düşük azot kullanım verimliliğine neden olur. Ek olarak, azotun hızlı salınımı, atmosfere sera gazı (NH_3 ve N_2O) emisyonları ve toprağa ve suya nitrat sızması gibi, çeşitli çevresel sorunlara neden olur. Sahar ve Ark. (2012) tarafından yapılan bir çalışmada, normal üre uygulamasının zamanının ayarlanmasını içeren tarlada üre ayırma yöntemini kullanılmıştır. Bu gübre, ürünün azot ihtiyacının kritik dönemine uygun olarak iki veya daha fazla kez uygulanmış ve böylece ürünün azot gereksinimleri ile topraktaki azot temini arasındaki zamansal uyum iyileştirilmiştir. Bu yöntemin geçerliliği, çeltik (Chen ve Ark., 2015), buğday (Wu ve Ark., 2019), mısır ve tatlı patates (Du ve Ark., 2020) dahil olmak üzere çeşitli ürünler için uygun olduğunu düşünen diğer araştırmacılar tarafından doğrulanmıştır. Ek olarak, bu çalışmalar ayırma yönteminin GHG emisyonlarını ve nitrat sızmasını azaltma açısından mükemmel sonuçlar verdiğini göstermiştir. Ancak, N gübresinin uygulanmasını destekleyecek makine eksikliği nedeniyle, tüm azotlu gübrenin tek bir temel uygulamasına kıyasla, uygulamanın önemli ölçüde daha fazla saha çalışması ve artan emek girdisi gerektirdiği gerçeği göz ardı edilmemelidir.

Geliştirilmiş etkili azot gübreleri (EENF) olarak bilinen dört ana ürün kategorisi vardır. Bunlara kontrollü salımlı kaplamalı gübreler, üreaz inhibitörleri, nitrifikasyon inhibitörleri ve iki inhibitörün bir kombinasyonu dahildir (Li ve Ark., 2020). Yukarıdaki verilerin analizleri, kaplamalı, kontrollü salımlı ürenin, toprağın inorganik azot içeriğini değiştirmemesine rağmen, tüm reaktif azot kayıplarını (örneğin, amonyak uçuşması, azot oksit emisyonları ve azot sızması) dünya genelinde %24,3-45,9 oranında azaltmıştır (Yang ve Ark., 2022). Ek olarak,



kaplanmış üre formundaki gübreler ürün verimini ve bitki azot alımını sırasıyla, %7,7 ve %12,6 oranında artırır. Nitrifikasyon inhibitörleri benzer çevresel ve tarımsal faydalar sağlar. Ancak, bu inhibitörler toprağın NH_4^+-N içeriğini %41 oranında artırmış ve NO_3-N içeriğini %41 oranında azaltmıştır. Böylece amonyak buharlaşmasını %20 oranında artırmıştır (Qiao ve Ark., 2016).

3. TARIMSAL ÜRETİMDE SERA GAZI EMİSYONLARININ AZALTILMASI

Tarımsal üretimde GHG emisyonlarını azaltmak için önemli olan başlıca uygulamalar Çizelge 1’de özetlenmiştir.

Çizelge 1. Tarımsal Üretimde GHG Emisyonlarını Azaltmak İçin Başlıca Uygulamalar

Konular	Sonuçlar
<i>Biyodizel kullanımı</i>	Alternatif yakıtların, özellikle biyodizelin kullanımı, 94 g $\text{CO}_2\text{-eş}$ /MJ düzeyinde fosil yakıt eşdeğerine kıyasla %77 ile %81 arasında değişen oranlarda tasarrufla sağlamıştır. Sonuç olarak, 2021 yılında biyodizel yaklaşık 45 Mton $\text{CO}_2\text{-eş}$ emisyonu azaltmıştır.
<i>Yakıt tüketimi ve traktör egzoz emisyonları</i>	Bunlar büyük ölçüde motor hızı ve yüklenme durumu ile belirlenir. Çalışma, motor hızının nominal değerin %70-85’i olduğu ve traktör motorunun maksimum gücünün %80’ini geliştirmesine olanak sağlayacak şekilde yüklendiği bir çalışma durumu seçilerek yakıt tüketiminin %5-25 oranında azaltılabileceğini göstermiştir.
<i>Tarımsal GHG emisyonları</i>	Tek başına tarım sektörü, antropojenik N_2O emisyonlarının %80’inden fazlasından, antropojenik NH_3 emisyonlarının %70’inden ve antropojenik CH_4 emisyonlarının yaklaşık %40’ından sorumludur. Bu emisyonlara hayvan gübresi ve inorganik gübreler kullanımı katkıda bulunur.
<i>Toprakten N_2O emisyonları</i>	Tarla koşullarında, nem ve sıcaklık arasındaki ilişkiler örtüşür. Bu durum net ilişkilerin gözlemlenmesini engeller. Sıcaklık tek başına donma ve çözülme olaylarını düzenler. Toprakdan gaz emisyonlarını zorlar ve toplam yıllık N_2O emisyonlarının %50’sine kadarını oluşturur.
<i>Uygun gübre dozu</i>	Gübre dozu, tüm azot formları bitkiler tarafından alınamadığı için ürünün ihtiyaçlarına göre ayarlanmalıdır. Böyle bir yaklaşım, N_2O emisyonlarını en aza indirmeye önemli ölçüde katkıda bulunacaktır. Ürönlere verilen ve alınmayan azot, N_2O emisyonlarının artmasına neden olur.
<i>Yakıt kullanımı</i>	Çeşitli ürün yetiştirme ve işleme tekniklerinin uygulanması, GHG emisyonlarından sorumlu önemli bir faktördür. Tarım sektöründe, gıda işleme, bir çiftlikte girdilerin kullanımı ve arazinin tarımsal amaçlarla kullanımı gibi faaliyetler de dahil olmak üzere tarımda enerji tüketimi, yoğunlaşmaya katkıda bulunur.
<i>Toprak işlemez ve azaltılmış toprak işleme</i>	Sıfır toprak işleme, pullukla işleme ve pulluksuz işleme ile karşılaştırıldığında, metan emisyonlarını azaltmaya katkıda bulunduğu belirlenmiştir. Sıfır toprak işleme veya azaltılmış toprak işleme, tarımın sürdürülebilir gelişimi üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir, toprak karbon içeriğini artırır. Toprak erozyonunu azaltır, toprağın fiziksel koşullarını iyileştirir ve ürün verimini tehlikeye atmadan GHG emisyonlarını azaltır. Pulluk kullanmadan toprak işleme metan emisyonunu azaltır.
<i>Pullukla toprak işleme</i>	Pullukla sürme, en fazla enerji tüketen toprak işleme işlemi olarak kabul edilir. Makine çalışması sırasında yakıt yakıldığında, egzoz gazının ana bileşeni karbondioksittir. Tüketilen 1 litre dizelin 3,15 kg karbondioksit ürettiği hesaplanmıştır.
<i>Toprak işleme</i>	Geleneksel pullukla toprak işleme 180,76 kg CO_2 /ha, pulluksuz toprak işleme 89,36 kg CO_2 /ha, <i>sıfır toprak işleme</i> ise sadece 19,50 kg CO_2 /ha yayar.
<i>Azaltılmış toprak işleme</i>	Azaltılmış toprak işleme, N_2O ve CH_4 emisyonlarını sırasıyla, %31,0 ve %24,7 oranında artırırken, CO_2 emisyonlarına etki etmeden ürün verimini %17,4 oranında azaltır. Sıfır toprak işleme CO_2 , N_2O ve CH_4 emisyonlarını ve toplam küresel ısınma potansiyelini (GWP) sırasıyla, ortalama %15,1, %7,5, %19,8 ve %22,6 oranında azaltır.



<i>Gübre üretimi</i>	Gübre üretimi, küresel enerji tüketiminin yaklaşık %1,2'sini tüketir ve toplam GHG emisyonlarının yaklaşık %1,2'sini oluşturur.
<i>Amonyak üretimi</i>	Raporlara göre, amonyak üretimi küresel karbondioksit emisyonlarının %1-2'sine katkıda bulunmaktadır.

Çizelge 1. Tarımsal Üretimde GHG Emisyonlarını Azaltmak İçin Başlıca Uygulamalar (Devam)

<i>Azotlu gübre</i>	Azotlu gübrelerin tüm yaşam döngüsünü (üretimden tarla kullanımına) inceleyen bir çalışma, en büyük çevresel etkinin gübre üretimi ve gübre kullanımından kaynaklanan azot dioksit emisyonlarından kaynaklandığını ortaya koymaktadır.
<i>Üre bölme yöntemi</i>	Bu çalışma, bölme yönteminin GHG emisyonlarını ve nitrat sızıntısını azaltma açısından mükemmel sonuçlar ürettiğini göstermiştir. Ancak, N gübresinin uygulanmasını destekleyecek makinelerin olmaması nedeniyle, tüm N gübresinin tek bir temel uygulamasına kıyasla, uygulamasının önemli ölçüde ek saha çalışması ve artan iş gücü girdisi ile sonuçlandığı gerçeği göz ardı edilmemelidir.
<i>Tarım ve emisyonlar</i>	Polonya'da tarım sektörü, ülkenin bu gazın toplam antropojenik emisyonlarının %80,2'sini oluşturan birincil bir azot oksit (N_2O) emisyon kaynağıdır. Tarımdan kaynaklanan toplam azot oksit emisyonlarına gelince, %83,7'si arazi kullanımından (azot gübrelemesi) ve %15,24'ü hayvan gübresi kullanımından kaynaklanmaktadır.
<i>Metan emisyonları</i>	Dünya genelindeki çöplüklerin yıllık metan (CH_4) emisyonlarının yaklaşık %12'sine, diğer bir deyişle 734 kg CO_2 -eş/ton işlenmiş yaş atık miktarına katkıda bulunduğu tahmin edilmektedir.
<i>Biyolojik atık geri dönüşümü</i>	Avrupa Birliği genelinde her yıl 118 ile 138 milyon ton biyolojik atık üretilmektedir. Bunların sadece yaklaşık %40'ı (yılda 47,5 milyon tona eşdeğer) yüksek kaliteli kompost ve fermente edilebilir atık haline etkili bir şekilde geri dönüştürülmektedir.
<i>Kompostlama</i>	Bu süreç, organik atıkları yönlendirmeyi ve organize çöplüklerden metan (CH_4) emisyonlarını azaltmayı amaçlayan herhangi bir stratejinin bir parçasıdır. Kompostlama süreciyle üretilen GHG miktarı büyük ölçüde atık türü ve bileşimi tarafından belirlenir.
<i>Vermikompostlama ve kompostlama</i>	Bir çalışmada, vermikompostlama sırasında kompostlamaya kıyasla N_2O ve CH_4 emisyonlarındaki azalma, ham maddedeki nem içeriği daha yüksek olduğunda sırasıyla, %40 ve %32 daha yüksek olduğunu ve bu sera gazlarındaki azalmanın, incelenen kütlenin düşük nem içeriğinde sırasıyla, %23 ve %16 olmaktadır.
<i>Çiftlik gübresi</i>	Çiftlik gübresi küresel GHG emisyonlarının %37'sine katkıda bulunmaktadır.
<i>Hayvancılık sektörü</i>	Hayvancılık sektörü, CH_4 ve N_2O emisyonlarından, diğer bir deyişle küresel ısınma potansiyeli (GWP) indeksi değeri CO_2 'den önemli ölçüde daha yüksek olan bileşiklerden birincil olarak sorumludur. CH_4 için 21 kat, N_2O için ise CO_2 'den 310 kat daha yüksektir.
<i>Gübre azot emisyonları</i>	Organik gübre kullanımı, sentetik bir azot gübresine kıyasla, N_2O emisyonlarını ortalama %32,7 oranında artırmıştır (%95 güven aralığı: %5,1-58,2).
<i>Biyometan</i>	Sadece biyometan üretimi, Polonya'da GHG emisyonlarında 26 milyon tonluk bir azalmaya olanak tanıyacaktı. Polonya'nın tüm tarım sektörlerinin toplamda 33 milyon ton GHG yaydığını belirtmekte fayda vardır. Ocak ve Kasım 2023 arasında Polonya'nın elektrik üretimi toplam 148 TWh olmuş ve bu da bir önceki yıla kıyasla %7,2'lik bir azalmayı temsil etmektedir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Sera gazı (GHG) oluşumuna önemli düzeyde katkıda bulunan bir sektör olarak kabul edilen tarım sektörüne özel ilgi gösterilmektedir. Tarımdan kaynaklanan GHG emisyonları sorunu için çiftçilerin artan farkındalığını ve çevre üzerindeki günlük etkilerini gözlemlemek mümkündür. Tarımsal faaliyetler, karbondioksit, azot oksit ve metan emisyonlarına önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Kullanılan toprak işleme ve gübreleme yöntemleri atmosfere salınan emisyonlarda önemli bir rol oynar. Sıfır veya azaltılmış toprak işleme tekniklerinin kullanımı GHG emisyonlarını azaltırken, tarımın sürdürülebilir gelişimine katkıda bulunur. Kullanılan makineler ve yakıtlar, hassas gübreleme için yenilikçi sistemler ve algılayıcılarla birlikte



tarımda emisyon seviyelerini azaltmak için önemli bir rol oynar. Ürün verimliliğini iyileştirmek ve GHG emisyonlarında sürdürülebilir azalmalara katkıda bulunmak için potansiyel fırsatların belirlenmesi amaçlanır.

Tarım, çeşitliliği nedeniyle karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ve azot dioksit (N₂O) dahil olmak üzere, çok fazla sera gazı (GHG) salınmasına katkıda bulunan temel sektörler arasındadır. GHG gazı emisyonlarının başlıca nedenleri olan; tarım makinesi filosu, kullanılan yakıtlar, toprak işleme yöntemleri ve teknikleri, toprak özellikleri, bitki büyümesi sırasında emisyon seviyeleri, gübreleme ve atık yönetimi konuları incelenmiştir. Sıfır toprak işleme veya azaltılmış toprak işleme, tarımın sürdürülebilir gelişimi üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir, toprak karbon içeriğini artırır, toprak erozyonunu azaltır, toprağın fiziksel koşullarını iyileştirir ve ürün veriminden ödün vermeden GHG emisyonlarını azaltır. Toprağı pullukla sürme, toprakta depolanan karbonun serbest bırakıldığı ve topraktan CO₂ emisyonlarına yol açan en fazla enerji gerektiren toprak işleme işlemidir. Yakıt yakıldığında, egzoz gazının ana bileşeni karbondioksittir. Pulluk kullanılmadan toprak işleme, geçiş sayısını azaltarak emisyon seviyelerinin ve yakıt tüketiminin azalmasını sağlar. Bu teknoloji CO₂ emisyonlarını azaltır, toprak erozyonunu azaltır ve tarla sulamasını iyileştirir. Organik ve inorganik gübrelerin, örneğin azotlu gübrelerin, gübrenin, kompostun veya fermente edilmiş ürünün kullanımı, N₂O veya CH₄ gibi GHG emisyonlarına neden olur. Olumsuz etkiler, doğru dozajlama ve hassas gübreleme yöntemleri ile en aza indirilebilir. CO₂ emisyonlarını azaltmaya yardımcı olabilecek çözümlerden biri, biyometan üretmek için kullanılan biyogaz tesislerinin geliştirilmesidir. Tüm organik maddeler, açıkta ve gözetimsiz bırakılırsa, güçlü sera gazları salacaktır. Hayvan gübresinin kullanımı sera gazı (GHG) emisyonları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bununla birlikte, aynı zamanda toprak verimliliğini iyileştirir ve ürünlere besin bulunabilirliğini artırır. Bu yöntemlerin uygulanması sera gazı (GHG) emisyonlarında önemli bir azalma sağlayabileceği ve sürdürülebilir tarımın geliştirilmesine katkıda bulunabileceği vurgulanmaktadır. Ancak, bununla ilgili sınırlamalar da vardır. İlk olarak, günümüzde "saha" çalışmaları olarak adlandırılan az sayıda çalışma yapılmaktadır. İkincisi, uygulamalardaki zorluk, karmaşıklıklarından ve tarla hazırlığından tohum hasadına kadar tüm döngü boyunca gerçekleştirilmesi gereken çok sayıda gerekli işlemle kaynaklanmaktadır. Bu tür çalışmaların anlamlı olması için, ürünün büyüme mevsimi boyunca her gerekli tarla uygulaması sırasında sistematik olarak gerçekleştirilmesi gerekir. Bu işgücü girdisi, tüm toprak işleme yelpazesinin gerçekleştirilmesine olanak tanıyacak ve tarımın sera gazı (GHG) emisyonlarına nasıl katkıda bulunduğunu açıklamaya yardımcı olacaktır.

KAYNAKÇA

- Bacenetti, J.; Lovarelli, D.; Facchinetti, D.; Pessina, D. An Environmental Comparison of Techniques to Reduce Pollutants Emissions Related to Agricultural Tractors. *Biosyst. Eng.* 2018, 171, 30–40.
- Bajaj, A.; Lohan, P.; Prabhat, N.; Jha, P.N.; Mehrotra, R. Biodiesel Production through Lipase Catalyzed Transesterification: An Overview. *J. Mol. Catal. B Enzym.* 2010, 62, 9–14.
- Battiato, A.; Diserens, E. Tractor Traction Performance Simulation on Differently Textured Soils and Validation: A Basic Study to Make Traction and Energy Requirements Accessible to the Practice. *Soil Tillage Res.* 2017, 166, 18–32.



- Chataut, G.; Bhatta, B.; Joshi, D.; Subedi, K.; Kafle, K. Greenhouse Gases Emission from Agricultural Soil: A Review. *J. Agric. Food Res.* 2023, 11, 100533.
- Chen, Y.T.; Peng, J.; Wang, J.; Fu, P.; Yu, H.Y.; Zhang, C.; Fahad, S.; Peng, S.; Cui, K.; Nie, L.; et al. Crop Management Based on Multi-Split Topdressing Enhances Grain Yield and Nitrogen Use Efficiency in Irrigated Rice in China. *Field Crops Res.* 2015, 184, 50–57.
- Çanakcı, M. Combustion Characteristics of a Turbocharged DI Compression Ignition Engine Fueled with Petroleum Diesel Fuels and Biodiesel. *Bioresour. Technol.* 2007, 98, 1167–1175.
- DiGiuseppe, A.; Pazzaglia, A.; Fabbri, G.; Castellani, B.; Nicolini, A.; Rossi, F.; Cotana, F. Effects of a High-Reflective Mulching Membrane on Environmental Parameters and Food Crops Cultivation: Results from a Summer Season Campaign. *J. Phys. Conf. Ser.* 2023, 2648, 012087.
- Du, X.B.; Zhang, X.; Xi, M.; Kong, L. Split Application Enhances Sweet Potato Starch Production by Regulating the Conversion of Sucrose to Starch under Reduced Nitrogen Supply. *Plant Physiol. Biochem.* 2020, 151, 743–750.
- Dyer, J.A.; Desjardin, R.L. Simulated Farm Fieldwork, Energy Consumption and Related Greenhouse Gas Emissions in Canada. *Biosyst. Eng.* 2003, 85, 503–513.
- Erisman, J.W.; Sutton, M.A.; Galloway, J.; Klimont, Z.; Winiwarter, W. How a Century of Ammonia Synthesis Changed the World. *Nat. Geosci.* 2008, 1, 636–639.
- Garnier, P.; Makowski, D.; Hedde, M.; Bertrand, M. Changes in Soil Carbon Mineralization Related to Earthworm Activity Depend on the Time Since Inoculation and Their Density in Soil. *Sci. Rep.* 2022, 12, 13616.
- Hansson, P.A.; Lindgren, M.; Noren, O. A Comparison Between Different Methods of Calculating Average Engine Emissions for Agricultural Tractors. *J. Agric. Engng Res.* 2001, 80, 37–43.
- Janulevicius, A.; Juostas, A.; Cipliene, A. Nitrogen-oxide emissions from diesel-engine farm tractors during real-life cycles and their correlation with the not-to-exceed operating zones. *Biosyst. Eng.* 2017, 161, 93–105.
- Janulevicius, A.; Juostas, A.; Pupinis, G. Tractor's engine performance and emission characteristics in the process of ploughing. *Energy Convers. Manag.* 2013, 49, 498–508.
- Kongshaug, G. Energy Consumption and Greenhouse Gas Emission in Fertilizer Production. Kuan, I.-C.; Kao, W.-C.; Chen, C.-L.; Yu, C.-Y. Microbial Biodiesel Production by Direct Transesterification of *Rhodotorula glutinis* Biomass. *Energies* 2018, 11, 1036.
- Laborde, D.; Mamun, A.; Martin, W.; Piñeiro, V.; Vos, R. Agricultural subsidies and global greenhouse gas emissions. *Nat. Commun.* 2021, 12, 2601.
- Lee, H.; Romero, J. Climate Change 2023: Synthesis Report, 1st ed.; IPCC: Geneva, Switzerland, 2023; pp. 35–115.
- Li, Y.X.; McLaughlin, N.B.; Patterson, B.S.; Burt, S.D. Fuel efficiency and exhaust emissions for biodiesel blends in an agricultural tractor. *Can. Biosyst. Eng.* 2006, 48, 15–22.
- Li, Y.; Shah, S.H.H.; Wang, J. Modelling of Nitrification Inhibitor and Its Effects on Emissions of Nitrous Oxide (N₂O) in the UK. *Sci. Total Environ.* 2020, 709, 136156.



- Lindgren, M.; Larsson, G.; Hansson, P.A. Evaluation of factors influencing emissions from tractors and construction equipment during realistic work operations using diesel fuel and bio-fuels as substitutes. *Biosyst. Eng.* 2010, 107, 123–130.
- Lovarelli, D.; Bacenetti, J. Exhaust Gases Emissions from Agricultural Tractors: State of the Art and Future Perspectives for Machinery Operators. *Biosyst. Eng.* 2019, 204–213.
- Lynch, J.; Cain, M.; Frame, D.; Pierrehumbert, R. Agriculture's Contribution to Climate Change and Role in Mitigation Is Distinct from Predominantly Fossil CO₂-Emitting Sectors. *Front. Sustain. Food Syst.* 2021, 4, 518039.
- Manni, M.; Di Giuseppe, A.; Nicolini, A.; Scirpi, F.; Cotana, F. Influences of a Highly Reflective Mulching Membrane on Heat Propagation throughout the Soil. *Sustainability* 2021, 13, 9737.
- Martani, F.; Maestroni, L.; Torchio, M.; Ami, D.; Natalello, A.; Lotti, M.; Porro, D.; Branduardi, P. Conversion of Sugar Beet Residues into Lipids by *Lipomyces starkeyi* for Biodiesel Production. *Microb. Cell Fact.* 2020, 19, 204.
- Martini, V.; Mocera, F.; Somà, A. Numerical Investigation of a Fuel Cell-Powered Agricultural Tractor. *Energies* 2022, 15, 8818.
- McCormick, R.L.; Williams, A.; Ireland, J.; Brimhall, M.; Hayes, R.R. Effects of Biodiesel Blends on Vehicle Emissions: Fiscal Year 2006 Annual Operating Plan Milestone 10.4. *Biodiesel Fuels Reexamined* 2011, 71, 71–124.
- Mbow, C.; Rosenzweig, C.; Barioni, L.G.; Benton, T.G.; Herrero, M.; Krishnapillai, M.; Liwenga, E.; Pradhan, P.; Rivera-Ferre, M.G.; Sapkota, T.; et al. Food Security. In *Climate Change and Land: An IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems*.
- Parton, W.J.; Del Grosso, S.J.; Marx, E.; Swan, A.L. Agriculture's Role in Cutting Greenhouse Gas Emissions. *Issues Sci. Technol.* 2011, 27, 29–32.
- Pascuzzi, S.; Łyp-Wrońska, K.; Gdowska, K.; Paciolla, F. Sustainability Evaluation of Hybrid Agriculture-Tractor Powertrains. *Sustainability* 2024, 16, 1184.
- Peça, J.O.; Serrano, J.M.; Pinheiro, A.; Carvalho, M.; Nunes, M.; Ribeiro, L.; Santos, F. Speed Advice for Power Efficient Drawbar Work. *J. Terramech.* 2010, 47, 55–61.
- Perozzi, D.; Mattetti, M.; Molari, G.; Sereni, E. Methodology to analyse farm tractor idling time. *Biosyst. Eng.* 2016, 148, 81–89.
- Petersen, B.M.; Knudsen, M.T.; Hermansen, J.E.; Halberg, N. An Approach to Include Soil Carbon Changes in the Life Cycle Assessments. *J. Clean. Prod.* 2013, 52, 217–224.
- Pilegaard, K.; Skiba, U.; Ambus, P.; Beier, C.; Brüggemann, N.; Butterbach-Bahl, K.; Dick, J.; Dorsey, J.; Duyzer, J.; Gallagher, M.; et al. Factors Controlling Regional Differences in Forest Soil Emission of Nitrogen Oxides (NO and N₂O). *Biogeosciences* 2006, 3, 651–661.
- Qiao, D.; Liu, H.; Yu, L.; Bao, X.; Simon, G.P.; Petinakis, E.; Chen, L. Preparation and Characterization of Slow-Release Fertilizer Encapsulated by Starch-Based Superabsorbent Polymer. *Carbohydr. Polym.* 2016, 147, 146–154.
- Renius, K.T. *Fundamentals of Tractor Design*; Springer: Cham, Switzerland, 2020; p. 287.



- Shakoor, A.; Shahbaz, M.; Farooq, T.H.; Sahar, N.E.; Shahzad, S.M.; Altaf, M.M.; Ashraf, M. A Global Meta-Analysis of Greenhouse Gases Emission and Crop Yield under No-Tillage as Compared to Conventional Tillage. *Sci. Total Environ.* 2021, 750, 142299.
- Scott, D.; Hall, C.M.; Rushton, B.; Gössling, S. A review of the IPCC Sixth Assessment and implications for tourism development and sectoral climate action. *J. Sustain. Tour.* 2023, 32, 1725–1742.
- Seyyedhasani, H.; Dvorak, J.S. Reducing Field Work Time Using Fleet Routing Optimization. *Biosyst. Eng.* 2018, 169, 1–10.
- Sobolewska, A.; Bukowski, M. Consumption of Nitrogen Fertilizers in the EU—External Costs of Their Production by Country of Application. *Agriculture* 2025, 15, 224.
- Sokal, K.; Kachel, M. Impact of Agriculture on Greenhouse Gas Emissions—A Review. *Energies* 2025, 18, 2272. <https://doi.org/10.3390/en18092272>.
- Solmaz, H. Combustion, performance, and emission characteristics of fusel oil in a spark ignition engine. *Fuel Process. Technol.* 2015, 133, 20–28.
- Sutton, M.A.; Howard, C.; Erisman, J.W.; Billen, G.; Bleeker, A.; Grenfelt, P.; van Grinsven, H.; Grizzetti, B. The European Nitrogen Assessment: Sources, Effects and Policy Perspectives; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2011; pp. I–VI.
- Torrellas, M.; Antón, A.; López, J.C.; Baeza, E.J.; Parra, J.P.; Muñoz, P.; Montero, J.I. LCA of a Tomato Crop in a Multi-Tunnel Greenhouse in Almeria. *Int. J. Life Cycle Assess.* 2012, 17, 863–875.
- Vellinga, T.V.; van den Pol-van Dasselaar, A.; Kuikman, P.J. The Impact of Grassland Ploughing on CO₂ and N₂O Emissions in the Netherlands. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 2004, 70, 33–45.
- Vicente, G.; Martínez, M.; Aracil, J. Integrated Biodiesel Production: A Comparison of Different Homogeneous Catalysts Systems. *Bioresour. Technol.* 2004, 92, 297–305.
- Wasilewski, J.; Krzaczek, P.; Szyszlak-Bargłowicz, J.; Zajac, G.; Koniuszy, A.; Hawrot-Paw, M.; Marcinkowska, W. Evaluation of Nitrogen Oxide (NO) and Particulate Matter (PM) Emissions from Waste Biodiesel Combustion. *Energies* 2024, 17, 328.
- Wood, S.; Cowie, A. A Review of Greenhouse Gas Emission Factors for Fertiliser Production. *IEA Bioenergy Task* 2004, 38, 20.
- Wu, W.; Ma, B.L.; Fan, J.-J.; Sun, M.; Yuan, Y.Y.; Guo, W.-S.; Voldeng, H.D. Management of Nitrogen Fertilization to Balance Reducing Lodging Risk and Increasing Yield and Protein Content in Spring Wheat. *Field Crops Res.* 2019, 241, 107584.
- Yadav, D.; Wang, J. Modelling Carbon Dioxide Emissions from Agricultural Soils in Canada. *Environ. Pollut.* 2017, 230, 1040–1049.
- Yang, M.; Hou, Z.; Guo, N.; Yang, E.; Sun, D.; Fang, Y. Effects of Enhanced-Efficiency Nitrogen Fertilizers on CH₄ and CO₂ Emissions in a Global Perspective. *Field Crops Res.* 2022, 288, 108694.
- Yue, K.; Fornara, D.A.; Heděnec, P.; Wu, Q.; Peng, Y.; Peng, X.; Ni, X.; Wu, F.; Peñuelas, J. No Tillage Decreases GHG Emissions with No Crop Yield Tradeoff at the Global Scale. *Soil Tillage Res.* 2023, 228, 105643.



- Zhang, A.; Cui, L.; Pan, G.; Li, L.; Hussain, Q.; Zhang, X.; Zheng, J.; Crowley, D. Effect of Biochar Amendment on Yield and Methane and Nitrous Oxide Emissions from a Rice Paddy in the Tai Lake Plain, China. *Agric. Ecosyst. Environ.* 2010, 139, 469–475.
- Zhang, G.X.; Zhao, D.; Liu, S.; Liao, Y.; Han, J. Can Controlled-Release Urea Replace the Split Application of Normal Urea in China? A Meta-Analysis Based on Crop Grain Yield and Nitrogen Use Efficiency. *Field Crops Res.* 2022, 275, 108343.



TARIMSAL YAPILARIN İKLİMLENDİRİLMESİNDE ENERJİ TASARRUFU SAĞLAMAK İÇİN FAZ DEĞİŞTİREN MATERYAL (PCM) KULLANIMI

Arş. Gör. Dr. Hasan Kaan KÜÇÜKERDEM

İğdir Üniversitesi

kaan.kucukerdem@igdir.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-1593-4725

Dr. Öğr. Üyesi Ümran ATAY

Mardin Artuklu Üniversitesi

umranatay@artuklu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-2248-4582

Prof. Dr. Hasan Hüseyin ÖZTÜRK

Çukurova Üniversitesi

hhozturk@cu.edu.tr, ORCID NO: 0000-0001-6904-5539

ÖZET

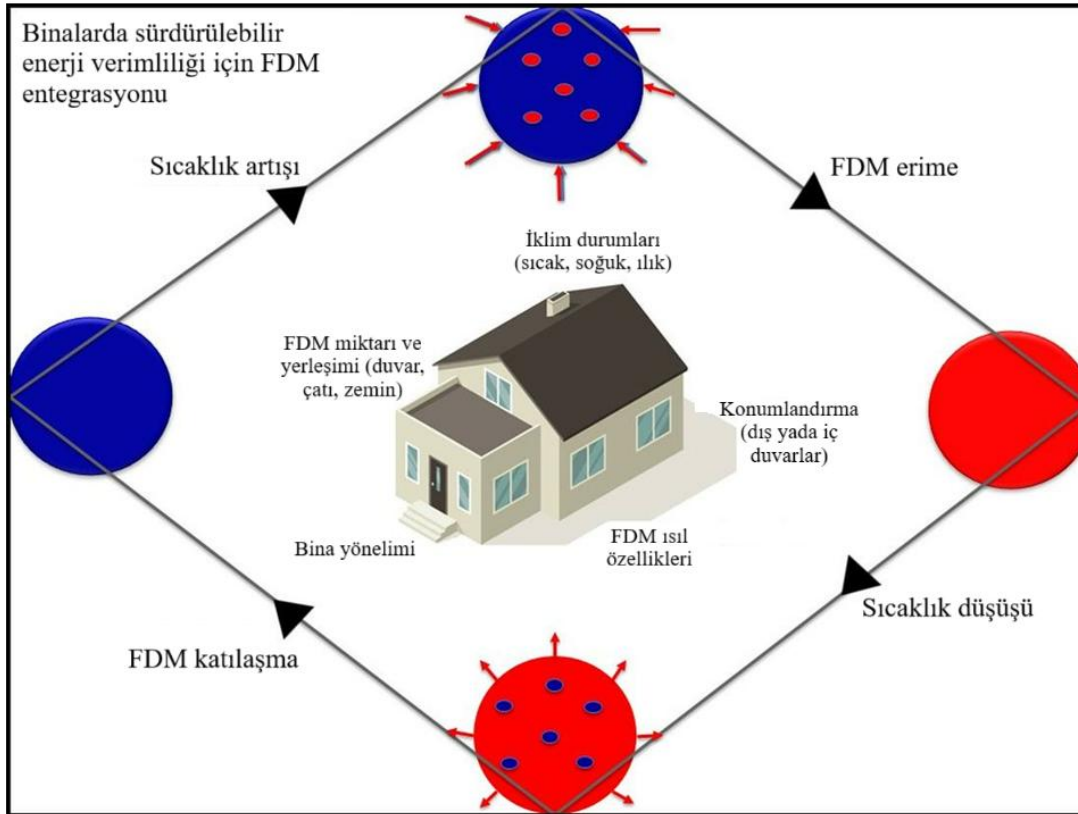
Binalar ve altyapı tesisleri, enerji tüketiminde ve sera gazlarının (GHG) atmosfere salınmasında önemli bir rol oynar. İklim değişikliğine olan etkileri azaltmak için enerji tasarrufuna artan ilgi ile inşaat sektöründe, bina verimliliğini iyileştirme yöntemlerine giderek daha fazla öncelik verilmektedir. Özellikle, yaygın olarak kullanılan beton yapılar, özellikle ısıtma ve soğutma sistemlerinde enerji tüketimini azaltmak için hem zorluklar hem de fırsatlar sunmaktadır. Tarımsal yapılar; boyutları, yüksek doluluk oranları ve ısıtma, havalandırma ve klima (HVAC) sistemlerine bağımlılıkları nedeniyle yoğun olarak enerji tüketilen binalar arasında yer alır. Bu yapıların çoğu, kışın önemli ısı kaybına, yazın ise ısı kazanımına yol açabilen ısıl olarak iletken malzemelerden yapılmış kalın duvarlara sahiptir. Faz değiştiren materyaller (PCM), tarımsal yapılarda ısıl düzenlemeyi iyileştirmek ve ısıtma ve soğutma yüklerini azaltmak için umut verici bir pasif çözüm sunar. Bu çalışmada, PCM'nin bina malzemelerine entegrasyonuna odaklanan deneysel, sayısal ve hibrit çalışmadan elde edilen bulgular incelenmiş, erime sıcaklığı, gizli ısı, ısıl iletkenlik, katman kalınlığı ve iklim uygunluğu gibi PCM performansını etkileyen temel değişkenler değerlendirilmiş, duvarlar, çatılar, zeminler ve tavanlar gibi çeşitli bina bileşenleri arasında PCM yerleştirme yöntemleri (iç, orta ve dış) karşılaştırılmış, çeşitli iklim bölgelerinde ve farklı bina yönelimlerinde PCM'lerin etkinliği değerlendirilmiş ve enerji açısından verimli uygulamaları desteklemek için nicel sonuçlara dayalı pratik tasarım önerileri değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tarımsal yapılar, Enerji tasarrufu, Faz değiştiren materyal (PCM)

1.GİRİŞ

Bina sektörü küresel olarak toplam enerji talebinin yaklaşık %34'ünü oluşturmakta ve mekan ısıtma ve soğutma bu enerji kullanımının önemli bir payını temsil etmektedir (EUN, 2024). Enerji verimliliğindeki gelişmelere rağmen, binalardaki genel enerji tüketimi, kısmen artan kat alanı ve nüfus artışı nedeniyle artmaya devam etmektedir. Ek olarak, mekan ısıtma ve soğutma, sera gazı (GHG) emisyonlarına önemli katkıda bulunmaktadır ve bina sektörü, 2022 yılında küresel enerji ve işlemle ilgili CO₂ emisyonlarının yaklaşık %37'sinden sorumludur (GSRBC, 2023). Bu emisyonların önemli bir kısmı, doğal gaz ve kömür gibi fosil yakıtların ısıtma sistemlerinde doğrudan kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Bu faktörler, küresel ısınma

nedeniyle ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarında beklenen artışla birleşince, sera gazı (GHG) emisyonlarını azaltmak için bina sektöründe enerji verimliliğinin artırılması ve daha temiz enerji kaynaklarına geçişin önemini vurgulamaktadır. Ancak, yenilenebilir enerji sistemlerinin, özellikle güneş fotovoltaik (PV) panellerinin artan benimsenmesi, enerji tedarik şebekesine yeni zorluklar da getirmektedir. PV sistemleri, elektriği öğle saatlerinde en verimli şekilde üretirken, konut talebi genellikle PV'den elektrik üretiminin en düşük olduğu akşam saatlerinde zirveye ulaşmaktadır. Enerji üretimi ile tüketim arasındaki bu uyumsuzluk, pik yük kaydırma gibi etkili yük yönetimi stratejilerine olan ihtiyacı vurgulamaktadır (Saffari ve Ark., 2018). Faz değiştiren materyalleri (PCM) bina yapılarına dahil etmek, bu soruna umut verici bir çözüm sunmaktadır. PCM'ler, yüksek enerji üretimi dönemlerinde fazla ısı enerjisini depolar ve yüksek talep zamanlarında serbest bırakarak, aşırı enerji yüklerini düzeltmeye ve arzı tüketimle dengelemeye yardımcı olur (Görsel 1). Ek olarak, PCM'ler, iç ortam sıcaklıklarını pasif olarak düzenleyerek enerji verimliliğini artırır ve ısıl konforu iyileştirir, aktif ısıtma ve soğutma sistemlerine olan bağımlılığı azaltır. Bu durum, daha düşük enerji tüketimi ve azaltılmış karbon ayak izi sağlar. Bu nedenle, PCM'leri beton yapılara entegre etmek, binaların ısıl performansını artırır ve enerji verimliliği ve sürdürülebilir inşaatın daha geniş hedefleriyle uyumlu hale getirir ve binaların konforlu iç mekan ortamlarını korurken dalgalanan enerji taleplerini daha iyi yönetebilmesini sağlar.



Görsel 1. Enerji Verimliliği İçin Binalarda PCM Kullanımı (Alssaad ve Ark., 2025)

PCM'lerle entegre edilmiş binaların ısıl performansı bazı temel değişkenlerden etkilenir.

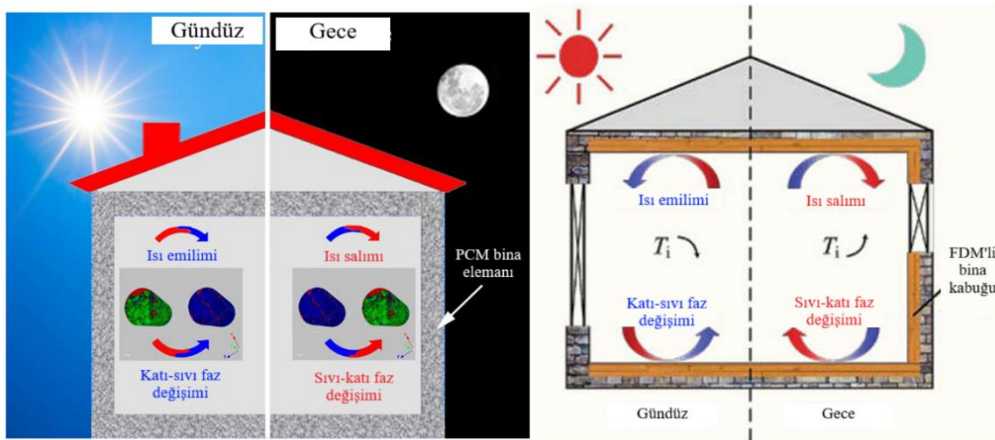
- *PCM'lerin erime sıcaklığı:* Enerjiyi verimli bir şekilde depolamak ve serbest bırakmak için hedef iç mekan konfor aralıklarıyla uyumlu olmalıdır.
- *Gizli ısı kapasitesi ve ısıl iletkenlik (λ) gibi kritik ısısal özellikler:* Isı depolama verimliliğini ve ısı transfer oranlarını belirler.

- PCM'lerin uygulanması ve konumlandırılması: PCM'lerin duvar, çatı ve zemin gibi yapı bileşenlerine uygulanması ve bunların içsel ve dışsal olarak konumlandırılması, bunların çevre ile nasıl etkileşime gireceğini etkileyerek, PCM katmanının miktarı ve kalınlığı enerji depolama kapasitesi ve uygulanabilirliği dengeler.
- İklim koşulları ve bina yönü: PCM etkinliğini etkiler. Çünkü sıcaklık ve güneş ışınımına maruz kalmadaki değişiklikler enerji soğutulmasını ve salımını etkiler.

Bu faktörlerin optimize edilmesi, binalarda enerji verimliliğini ve ısıl konforu en üst düzeye çıkarmak için esastır.

Küresel olarak, konut, ticari ve diğer beton binalar, boyutları, yüksek doluluk oranları ve ısıtma, havalandırma ve klima (HVAC) sistemlerine bağımlılıkları nedeniyle en enerji yoğun binalar arasında yer alır. Bu yapıların çoğu, kışın önemli ısı kaybına ve yazın ısı kazanımına yol açabilen ısıl olarak iletken malzemelerden yapılmış kalın duvarlara sahiptir. Bina kabuğu uygulamalarına ek olarak, son çalışmalarda giderek artan bir şekilde PCM'lerin kanallar, buharlaştırıcı bobinler, ısı değiştiriciler ve havalandırma sistemleri gibi HVAC sistem bileşenlerine entegrasyonu araştırılmaktadır. Bu uygulamalarda, ısı enerjisi depolamanın geliştirilmesi, kısmi yük verimliliğinin iyileştirilmeyi ve aşırı elektrik talebinin azaltılması amaçlanmaktadır. Araştırmacılar, PCM'leri aktif sistemlere yerleştirerek, işlevselliklerini pasif düzenlemenin ötesine, ısıtma ve soğutma döngüleriyle doğrudan etkileşime genişletmektedir. Zorluk, yapısal bütünlüğü tehlikeye atmadan ısıtma ve soğutma taleplerini azaltmaktır. Bu durum, HVAC sistemlerinin bina enerji verimliliği ve karbon ayak izlerinde oynadığı kritik rolü vurgular ve bina malzemelerinin ısıl performansını artırmayı gerekli kılar.

Bu bağlamda, PCM'ler bina malzemelerinin ısı enerjisi depolama etkinliklerini geliştirmek, daha sıcak dönemlerde ısıyı depolayıp serbest bırakarak (Görsel 2) ısıl iletkenliği azaltmak ve aktif ısıtma ve soğutma ihtiyacını azaltmak için uygun maliyetli uygulamalardır. PCM özellikleri (erime sıcaklığı, gizli ısı, ısıl iletkenlik, özgül ısı), bina bileşenleri içindeki yerleşim (duvarlar, çatılar, zeminler), iklim koşulları ve kalınlık veya miktar gibi pratik kısıtlamalar arasındaki etkileşim, konsolide ve uygulamaya yönelik bir şekilde yeterince araştırılmamıştır. Çeşitli iklim bölgeleri ve bina türleri arasında deneysel ve simülasyon tabanlı çalışmalardan elde edilen bulguları birleştiren kapsamlı bir genel bakış gereklidir.



Görsel 2. PCM Tarafından Binalarda Gündüz Isı Depolama Gece Isı Salımı



2. BİNALARDA FAZ DEĞİŞTİREN MATERYAL UYGULAMALARI

Faz değıştiren materyallerin /PCM'lerin) türü ve entegrasyon yöntemleri, belirli bir uygulamada optimum etkinlik için istenen özelliklerle uyumlu olacak şekilde dikkatli bir şekilde seçilmelidir. Bu özellikler erime sıcaklığı, gizli ısı kapasitesi, özgül ısı ve ısı iletkenlik gibi ısı özellikleridir. PCM'lerin birincil özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Bu bölümde, belirli ısı özelliklerin, bina içindeki uygulama yerinin (dış duvar, iç duvar, çatı, tavan, zemin), PCM konumunun (dış veya iç taraf), kalınlığın ve miktarın, iklim koşullarının ve bina yönünün bina uygulamalarında PCM'lerin etkinliğini nasıl etkilediği incelenmiştir.

2.1. Erime Sıcaklığı

PCM'in erime sıcaklığı, beton bir yapı içinde ısı kontrol için hedef sıcaklık aralığıyla uyumlu olması gerektiğinden, etkili sıcaklık düzenlemesi için önemlidir. PCM'nin ısıyı soğurduğu veya saldığı faz değışim süreci, optimum performansı sağlamak ve en yüksek enerji tasarrufuna ulaşmak için günlük veya mevsimsel sıcaklık dalgalanma aralığında gerçekleşmelidir. Wang ve Ark. (2018), PCM'lerin eklenmesi, PCM18P ile yaklaşık 4 °C ve PCM25P ile 5 °C'lik hidrasyon sırasında önemli sıcaklık azalmalarına nede olduğunu bildirmişlerdir. Daha yüksek erime sıcaklığına (25 °C) sahip PCM, kontrol ile karşılaştırıldığında tepe sıcaklığını yaklaşık 60 dakika geciktirirken, PCM18P karışımı 35 dakikalık bir gecikme göstermiştir. Ayrıca, sıcak yaz koşullarında Şanghay'daki bir binada bir simülasyon çalışması yapmışlardır. Farklı erime noktalarına (31 °C, 35 °C, 42 °C, 47 °C, 50 °C ve 55 °C) sahip PCM'lerin ısı akışını azaltmada farklı etkililiklere sahip olduğu belirlenmiştir. 42 °C RT42 erime sıcaklığına sahip PCM en iyi performansı göstermiştir ve en eksiksiz erime-katılma döngüsünü belirlenmiştir. Ofis saatleri sırasında diğer çok erken eriyen veya tamamen katılaşmayan PCM'lere kıyasla %28,3 oranında en yüksek ısı kazanımı azaltma oranı gerçekleşmiştir.

Çizelge 1. Bina Uygulamalarında Kullanılan Farklı Faz Değıştiren Materyallerin (PCM) Isıl Özellikleri (Alsaad ve Ark., 2025)

Faz Değıştiren Materyal (PCM)	Isı İletkenlik (Sıvı→Katı) λ (W/m°C)	Gizli Isı Kapasitesi (L) (kJ/kg)	Özgöl Isı (Sıvı→Katı) c_p (J/kg°C)	Erime Sıcaklığı (°C)
Kalsiyum klorür heksahidrat (CaCl ₂ •6H ₂ O)	0,53/1,09	187	1530/1710	29,9
InfiniteRPCM	0,54/1,09	200	3140	18–21–23–25–29
BioPCM27	1,50/1,80	225	2000	21–23–25–27–29
Infinite R™	0,54/1,09	200	3140	19–30
Parafin	0,2	180	2230	20
Tuz hidratı (CaCl ₂ •6H ₂ O)	0,54/1,08	122,3/116,9	2310/1340	26
RT27 (Organik)	0,2	180	1800/2400	26
RT42 (Organik)	0,21	220	3200	42
Setan	0,2	231	2800/3200	18
Heptadekan	0,2	200	2800/3200	22
Oktadekan	0,2	241	2800/3200	28
Tuz hidratı	0,476/0,514	281	1442/1520	35
Infinite RPCM25C	0,815	200	3140	25
Infinite RPCM18C				18
n-oktadekan ve n-heptadekan	0,213	187,6	1662	23
Belirtilmemiş	0,25/0,5	216	1785	18–26



Organik (RT 28)	0,2	250	-	28
Organik (RT 18)		260		18
PCM-25	0,54/1,059	200	1540	25
PCM-29				29
Parafin mumu (RT35 HC)	0,2	240	2000	35
Parafin mumu (RT44 HC)		250	2000	44
Rubitherm® RT25HC	0,2	230	2000	25

Berardi ve Soudian (2019), PCM'lerin erime sıcaklığının çalışmalarının sonuçları üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Erime noktası 25 °C olan ve yaz ayları için uygun olan BioPCM ve daha düşük 21 °C erime noktasına sahip ve daha soğuk koşullar için uygun olan Energain olmak üzere farklı erime noktalarına sahip iki PCM kullanmışlardır. Temmuz ve Ağustos aylarında BioPCM oldukça etkili bulunmuş ve Temmuz ayında iç mekan sıcaklık dalgalanmalarını %46 ve Ağustos ayında %37 oranında azaltmıştır. Çünkü daha yüksek erime noktası gündüzleri fazla ısıyı soğurmasına ve geceleri serbest bırakmasına olanak sağlamıştır. Buna karşılık, daha düşük erime aralığına sahip Energain, Eylül ve Ekim gibi daha soğuk aylarda daha iyi performans göstermiş, sıcaklık dalgalanmalarını %35 oranında azaltmış ve Eylül ayındaki günlerin %60'ında tam katılaşmaya ulaşmıştır. Bu iki PCM'nin kombinasyonu, farklı sıcaklık aralıklarında etkinleşerek iç mekan sıcaklıklarını yıl boyunca düzenlemeye yardımcı olmuştur. Yüksek tepe sıcaklıklarını etkili bir şekilde azaltmış ve daha soğuk gecelerde konforu korumuştur.

Khan ve Ark. (2022), PCM kullanımının enerji tüketimini azaltarak, binaların ısı performansını önemli ölçüde etkilediğini belirlemişlerdir. Özellikle, 24–26 °C erime aralığına sahip olan PCM25, yaz aylarında elektrik tüketimini %13,7 ve kış aylarında doğal gaz kullanımını %32,7 oranında azaltmıştır. 28–30 °C'lik daha yüksek bir erime noktasına sahip olan PCM29, yaz aylarında elektrik tüketimini %45,7 oranında daha da azaltmış, ancak kışın daha düşük bir etki göstererek enerji tüketimini sadece %6,8 oranında azaltmıştır. Her iki PCM'nin birlikte kullanımı, elektrik ve doğal gaz kullanımında sırasıyla, %25,3 ve %16,5 oranında genel bir azalma sağlamıştır.

2.2. Faz Değiştiren Materyallerin Isıl Özellikleri

PCM'ler, binaların ısı performansını artırma potansiyelleri nedeniyle son yıllarda önemli ilgi görmüştür. Bina uygulamalarında etkinliklerini etkileyen PCM'lerin başlıca özellikleri; ısı iletkenlik, gizli ısı ve özgül ısı değerleridir. Bu özelliklerin her biri, bir PCM'nin ısıyı ne kadar iyi soğurabileceğini, depolayabileceğini ve serbest bırakabileceğini belirlemede önemli bir rol oynar. Bu özellikler bir binanın enerji verimliliğini ve ısı konforunu doğrudan etkiler. Isı iletkenlik, ısı transfer hızını etkiler; PCM'lerin düşük ısı iletkenliği, ısıyı yavaş bir şekilde soğurmalarına ve serbest bırakmalarına olanak tanır. Bu özellik, zaman içinde daha kararlı bir sıcaklığın korunmasına yardımcı olur ve enerji tüketimin azaltarak ısı konforu iyileştirir. Faz değişimi sırasında soğurulan veya serbest bırakılan enerji olan gizli ısı, ısı enerjisi depolaması için çok önemlidir. Sıcak dönemlerde ısıyı depolayarak ve soğuk dönemlerde serbest bırakarak iç mekan sıcaklık dalgalanmalarını azaltır. Özgül ısı (c_p), bir PCM'nin duyulur ısı olarak ne kadar ısı depolayabileceğini etkiler ve faz geçişlerinden önce ve sonra binanın ısı kütlesine katkıda bulunur. Bu özellikler, PCM'lerin iç mekan sıcaklıklarını dengelemesine, ısı akışını azaltmasına ve yapı malzemelerine entegre edildiğinde genel enerji verimliliğini iyileştirmesine



olanak tanır. Liu ve Ark. (2022), ısı iletkenlik ve gizli ısı ın bina duvarlarına yerleştirilmiş PCM'lerin ısı performansını nasıl etkilediğini incelemiştir. Daha düşük ısı iletkenlik değerlerinin, tepe ısı akısını %66,92 oranına kadar azaltarak ve ısı transferindeki gecikmeyi 7,86 saat artırarak ısı performansı iyileştirdiği belirlenmiştir. Benzer şekilde, daha yüksek gizli ısı değerleri sıcaklık dalgalanmalarını %92,99–97,04 oranında önemli ölçüde azaltmıştır. Ancak, 125 kJ/kg değerinin üzerindeki gizli ısı verimliliği azalmıştır. Bu durum, ısı performansı en üst düzeye çıkarmak için optimum bir değer olduğunu göstermiştir. Liu ve Ark. (2022) deneysel bir çalışma yapmışlar ve PCM'nin gizli ısı değerinin duvarların ısı düzenleme kapasitesini önemli ölçüde etkilediğini belirlemiştir. PCM'nin gizli ısını artırmak, duvarların sıcaklık dalgalanmalarını azaltma ve ısı transferini geciktirme yeteneğini iyileştirmiştir. Özellikle, gizli ısı 25 kJ/kg'dan 225 kJ/kg'a çıktıkça, ısı akışını azaltma yeteneği önemli ölçüde iyileşmiştir. Örneğin, 125 kJ/kg değerinde gizli ısı ile, tepe ısı akışı azalması %59,1 düzeyine kadar yükselmiştir. Bu durum, daha yüksek gizli ısı değerlerini PCM'nin iç mekan sıcaklıklarını düzenleme kapasitesini iyileştirdiğini göstermiştir. Ancak, belirli bir gizli ısı değerinin ötesinde, faydalar sabitlenmiştir.

Zhang ve Ark. (2021), PCM ısı iletkenliğinin ve gizli ısı ının etkisini araştırmışlardır. PCM'lerin ısı iletkenliğinin ısı düzenlemedeki etkinliklerini belirlemede kritik olduğunu belirlemiştir. Daha yüksek ısı iletkenlik, PCM'nin faz değişimi sürecinde ısıyı daha verimli bir şekilde soğurmasını ve salmasını sağlar. Çalışmada, 100 ile 200 kJ/kg arasında gizli ısıya sahip PCM'ler incelenmiştir. ısı iletkenliğin bu aralıkta gizli ısıya göre performans üzerinde daha belirgin bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. Geliştirilmiş bir ısı iletkenlik, ısı ının PCM'den hızla aktarılabilmesini sağlayarak sıcaklık değişimlerine daha hızlı tepkiler verilmesini ve daha verimli bir ısı enerjisi depolama sistemiyle sonuçlanmasını sağlamıştır. Bu durum, enerji tasarruflarını optimize etmek ve bina uygulamalarında konforu korumak için daha yüksek ısı iletkenliğe sahip PCM'leri seçmenin önemini vurgulamaktadır.

Bazı özellikler, PCM'lerin iç ortam sıcaklığını düzenleme ve enerji tüketimini azaltma etkinliğini etkiler. Bunlara erime noktası, gizli ısı, ısı iletkenlik, PCM katmanının kalınlığı, bina kabuğu içindeki yerleşim ve uygulama türü (örneğin, çatı veya duvar entegrasyonu) dahildir. Bu değişkenlerin her biri, yerel iklime ve amaçlanan ısı performans hedeflerine göre optimize edilmelidir. Bu özellikler için önerilen aralıklar, performans üzerindeki etkileri ve uygun iklim koşulları Çizelge 2'de özetlenmektedir.

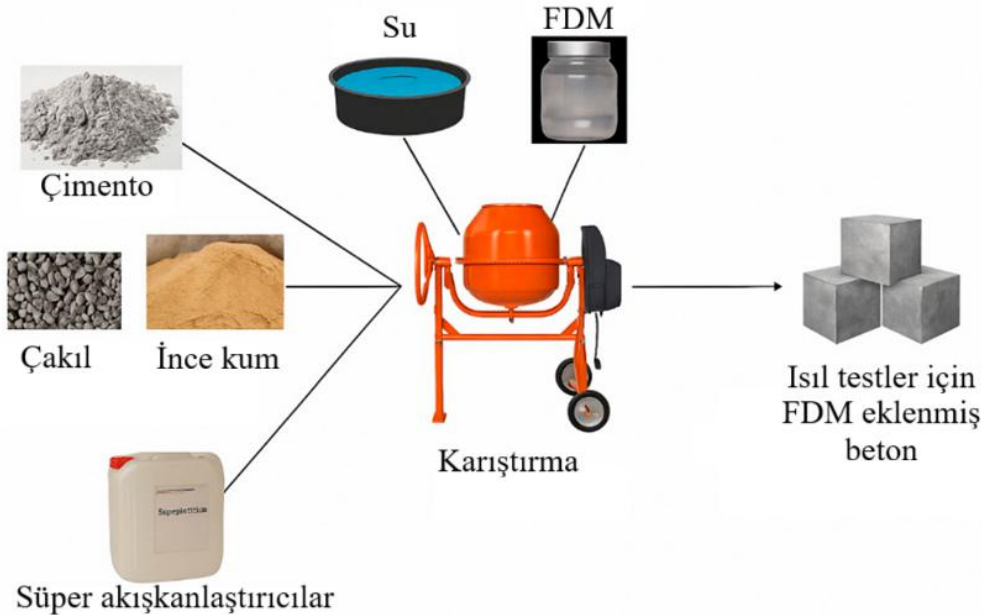
ısı iletkenlik, gizli ısı, özgül ısı, PCM yerleşimi ve iklimler ve yapısal bileşenler arasındaki yönelim Çizelge 2'de karşılaştırılmaktadır. Bu değerleri mühendislere, mimarlara ve araştırmacılara, bina türü ve iklim koşullarına bağlı olarak PCM seçimi ve sistem tasarımı konusunda rehberlik etmek için karar odaklı öngörüler sağlar. Literatürden elde edilen verilere bağlı olarak, özellikle PCM yerleşimi ve erime sıcaklığı seçimi konusunda önemli bilgiler verilmektedir.

Çizelge 2. Faz Değiştiren Materyallerin (PCM) Özellikleri (Alassaad ve Ark., 2025)

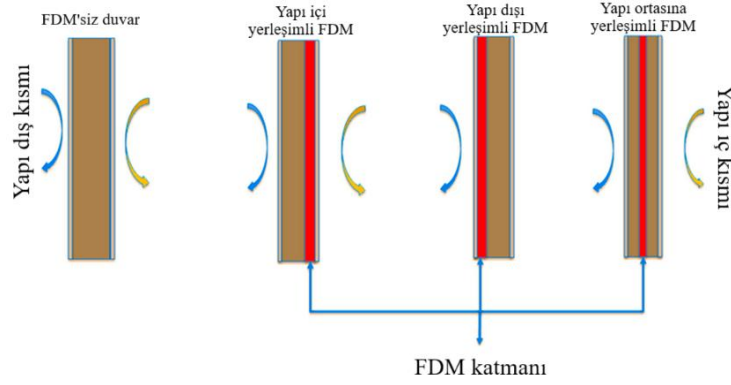
PCM Özellikleri	Önerilen Aralık	Performans Etkisi	Uygun İklim
Erime sıcaklığı	22–28 °C	Ilıman iklimlerde faz değişimini en üst düzeye çıkarır.	Ilıman/sıcak yaz
Gizli ısı	150–225 kJ/kg	Daha yüksek ısı depolama, daha iyi sıcaklık düzenlemesi sağlar.	Tüm iklimler. Getiriler >225 olması durumunda azalır.
Isıl iletkenlik (λ)	0,2–0,5 W/mK	Daha düşük değerler gecikmeyi iyileştirir; daha yüksek değerler ısı transferini iyileştirir.	Yerleşime bağlı
Kalınlık	10–20 mm	Daha kalın katmanlar ataleti artırır. Kalınlık >20 mm olduğunda kazanç sabit seviyeye ulaşır.	Tüm bölgeler
Yerleştirme	İç taraf/ Orta kısım	Isıtma için iç ortam en iyisidir. Orta kısım dengelidir.	Soğuk ile karışık iklimler
Uygulama türü	Duvar/ Çatı katları	Çatı, maksimum güneş enerjisi kazanımı sağlar. Duvar, sabit sıcaklık bölgesi sağlar.	Sıcak iklimlerde çatılar, ılıman iklimlerde duvarlar

2.3. Bina Bileşenlerinde Uygulama

PCM’ler, Görsel 3’de gösterildiği gibi, beton matrisine gömülebilir veya Görsel 4’de gösterildiği gibi ayrı bir katman olarak uygulanabilir. Görsel 4’deki yapılandırmalar, PCM kullanılmayan referans duvarı ve duvar kesitine göre iç, dış ve orta konumlara yerleştirilmiş PCM kullanılan duvarları göstermektedir. Diyagram, PCM yerleşiminin pasif bina sistemlerinde dış ortamdan iç ortama ısı akışı nasıl etkilediğini göstermektedir. Bu tür PCM uygulamaları ile ısı depolama kapasitesi artırılabilir ve ısıyı soğurarak ve serbest bırakarak iç mekan sıcaklıklarının düzenlenmesine yardımcı olunur. Bu entegrasyon enerji verimliliğini artırır, ısıtma ve soğutma sistemlerine olan bağımlılığı azaltır ve daha kararlı ve konforlu iç ortam oluşmasına katkı sağlar.

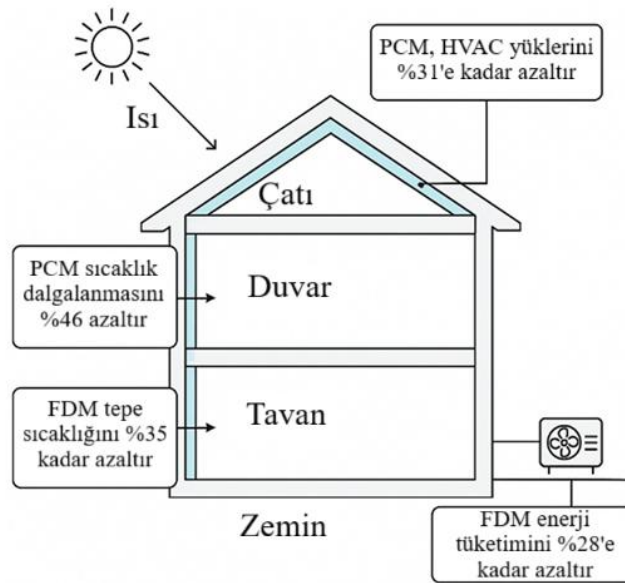


Görsel 3. Isıl Olarak Geliştirilmiş Örneklerin Üretimi İçin Faz Değiştiren Materyalin (PCM) Betona Gömülmesi Sürecini Gösteren Şema (Alassaad ve Ark., 2025)



Görsel 4. PCM Katmanının Farklı Konumlarını Gösteren Duvar Kesiti (Alassaad ve Ark., 2025)

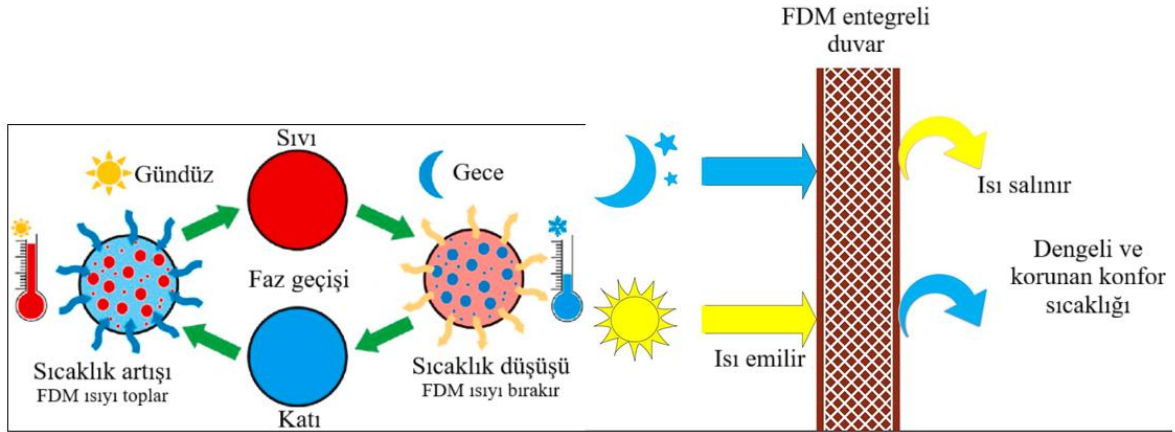
PCM'nin farklı bina bileşenlerine entegrasyonu ile ilgili olarak, PCM'ler duvar, çatı, zemin ve tavan sistemlerine başlıca iki şekilde entegre edilebilir. Bu tasarımlar belirgin katmanlı bir uygulama veya gömülü sistemler olarak Görsel 5'de gösterilmiştir. Katmanlı uygulamalarda, PCM panelleri duvar yapısının içine yerleştirilir, genellikle yalıtım malzemeleri arasına sıkıştırılır veya duvar panellerinin yüzeyine uygulanır, bu da kurulum ve yeniden donatma kolaylığı sağlar. Son araştırmalar ayrıca çok katlı binalarda PCM'leri yerleştirmek için yenilikçi boşluklar olarak katlar arası boşluk oluşturucuların kullanımını da araştırmıştır. Mokhberi ve Ark. (2019), biyo-bazlı PCM'lerin yarı elipsoid boşluk oluşturuculara yerleştirilmesi durumunda, 48 saatlik ortalama ısı akısının %36,7 oranına kadar azaltılabileceğini ve ısıl dayanıklılık süresini yaklaşık olarak 90 saate kadar uzatabileceğini gösteren gelişmiş CFD simülasyonu gerçekleştirmişlerdir. Çalışma ayrıca boşluk oluşturucu geometrisi, PCM türü ve yerleştirme konumunun etkisini vurgulayarak, PCM'leri ısıl olarak aktif bir zemine yakın yerleştirmenin enerji performansını geleneksel yalıtımdan daha etkili bir şekilde artırdığı sonucuna varılmıştır. Bu durum, modern beton levha sistemlerinde gizli ısı depolama için umut verici bir yöntemi temsil etmektedir.



Görsel 5. PCM Kullanılan Bir Bina Kabuğunun Kavramsal Çizimi (Alassaad ve Ark., 2025)

PCM'ler, ısıyı pasif olarak soğurmak ve serbest bırakmak, iç mekan sıcaklık dalgalanmalarını, tepe sıcaklıklarını ve genel ısıtma ve soğutma enerji talebini azaltmak için duvarlara, tavanlara ve çatılara gömülür.

Bu yaklaşım (Görsel 6a), gündüz boyunca aşırı ısıyı soğurarak ve daha soğuk dönemlerde serbest bırakarak iç mekan sıcaklıklarını düzenlemede esnek ve etkilidir. PCM yerleştirilmiş duvar malzemeleri üzerine yapılan araştırmalar, iç mekan sıcaklıklarını sabitleyerek ve ısıtma ve soğutma yüklerini azaltarak ısıl düzenlemeyi ve enerji verimliliğini artırma potansiyellerini vurgulamaktadır. Dardouri ve Ark. (2023) tarafından yapılan bir çalışmada, PCM'leri binaların çatısına ve duvarlarına yerleştirmenin enerji tasarrufu etkilerini değerlendirmiştir. PCM'leri çatıya yerleştirildiğinde, ısıtma ve soğutmada %31,42 oranına kadar azalma ile önemli düzeyde enerji tasarrufu sağlamıştır. PCM'ler duvarlara yerleştirildiğinde (Görsel 6b), ısıtma ve soğutma için enerji tasarrufu %9 oranına kadar yükselmiştir.



Görsel 6. a) PCM Tarafından Isı Soğurulması Ve Serbest Bırakılması b) Duvara Yerleştirilmiş PCM'nin Çalışma İlkesi

Berardi ve Soudian (2019), bir konut binasında birinde duvarlara ve tavana yerleştirilen kompozit PCM sistemiyle güçlendirilmiş ve diğerinde ise PCM bulunmayan iki test hücresi inşa etmeyi kapsayan bir çalışma yapmışlardır. Duvarlara ve tavana PCM'lerin eklenmesi, Temmuz ayında iç ortam sıcaklık dalgalanmalarında %46, Ağustos ayında %37 ve Eylül ayında %35 oranında azalma sağlamıştır. En yüksek sıcaklık azalmaları Temmuz ayında %6, Ağustos ayında %4 ve Eylül ayında %6 düzeyindedir. PCM'lerin özellikle tavana yerleştirilmesi, fazla ısıyı soğurma ve depolamada daha iyi performans göstermiş ve gün boyunca daha pürüzsüz ve daha kararlı bir iç ortam sağlamıştır. Guo ve Zhang (2021), farklı çevresel senaryolarda enerji tüketimini azaltmak amacıyla bir PCM katmanının performansını değerlendirmek için gerçekçi mevsimsel hava koşulları altında güneş ışıınımı, rüzgar hızı ve ortam sıcaklığındaki değişiklikleri göz önünde bulundurarak bir çalışma yapmışlardır. Bina duvarına bir PCM katmanının eklenmesi, ısıtma ve soğutma için enerji tüketimini azaltarak ısıl performansı önemli ölçüde iyileştirmiştir. PCM yerleştirilen duvarın soğuk havalarda enerji kullanımında %11 oranına kadar ve sıcak havalarda soğutma yüklerinde %38 oranına kadar azalma sağladığı belirlenmiştir. Bu durum, enerji tüketim modelinin genel olarak yumuşamasını sağlayarak, en yüksek talebi azaltmaya ve yıl boyunca daha tutarlı bir enerji yükü sağlamaya yardımcı olmuş ve hem konfor seviyesini hem de binanın enerji verimliliğini artırmıştır. Schmerse ve Ark. (2021), PCM'lerin farklı bina bileşenlerine uygulanmasının enerji tüketimini önemli ölçüde azalttığını bildirmişlerdir. Çatı yerleşimi en etkilisidir, enerji kullanımını %31,1 oranına kadar azaltmış ve yıllık 11,42 kWh/m² değerine (tüm bina için 713,75 kWh) ulaşmıştır. Zeminler, özellikle doğal havalandırma ile birleştirildiğinde %28,2 oranında azalma ve 4,92 kWh/m² değerinde tasarruf sağlamıştır. Dış duvarlar enerji tüketimini %16,2 oranına kadar azaltırken,



iç bölmeler %25,4 oranında bir azalmaya katkıda bulunarak bölgeler arasındaki ısı konforu desteklemiştir. PCM'leri tüm bileşenlere birlikte uygulamak en yüksek azalma sağlamış ve enerji kullanımını genel olarak %56,1 oranına kadar azaltmıştır. Refahi ve Ark. (2024), Tahran'daki dört katlı bir konut binasının dış duvarlarına çift katmanlı PCM duvar panellerinin yerleştirilmesini araştırmışlardır ve enerji verimliliğini optimize etmeye odaklanmışlardır. Çalışmada, ısı yalıtımının yanı sıra farklı PCM yapılandırmaları (RT18 ve RT28) kullanarak, bu materyallerin duvarların iç tarafına farklı şekilde yerleştirilmesinin etkilerini incelenmiştir. PCM'lerin yalıtımla stratejik olarak katmanlaştırılması enerji tüketimini önemli ölçüde azaltmış, RT18/yalıtım/RT28 yapılandırması alt katlarda ısıtma verimliliği için en etkili olmuş, RT28/RT18/yalıtım ise en üst katta en iyi olmuştur. Genel olarak, duvarlarda çift katmanlı PCM'lerin kullanılması ısıtma enerjisinde %6,6, soğutma enerjisinde ise %2,8 oranında bir azalma sağlamıştır. Bu durum gelişmiş ısı yönetim için PCM kullanımının potansiyelini ortaya koymuştur.

Kuczyński ve Staszczuk (2024) tarafından yapılan bir çalışmada, Polonya'daki yaz aylarında deney odalarında geleneksel ağır malzemelerle karşılaştırıldığında bir PCM'nin (erime aralığı 22–26 °C) ısı performansı değerlendirmişlerdir. PCM, alçıpanla kaplı alüminyum kasetlerin içindeki iki uzunlamasına duvara uygulanmıştır. Sıcaklıklar PCM'nin erime aralığında kaldığı günlerde iç ortam sıcaklıklarını 1,4 °C azaltmıştır. Ancak daha sıcak günlerde (30 °C'nin üzerinde) PCM etkisiz hale gelmiş ve sıcaklıkları sadece 0,3–0,4 °C azaltmıştır. 200 kg PCM (11 kg/m²) kullanılmasına rağmen, betonarme gibi geleneksel ağır malzemeler daha iyi sonuçlar sağlamıştır ve sıcaklıkları 3,5 °C'ye kadar azaltmıştır. PCM'nin soğutma etkisi, 34 test gününün sadece yarısında çok etkili olmuş ve 0,6–1,5 °C azalmalar sağlamıştır.

Moshtaghi ve Ark. (2019) PCM'lerin hafif bina duvarları üzerindeki etkilerini araştırmışlar ve ısı düzenlemede önemli iyileştirmeler belirlemişlerdir. PCM katmanı, geleneksel duvarlara kıyasla iç ortam sıcaklık dalgalanmalarını yaklaşık 25 °C azaltarak ısı konforu artırmıştır. Ayrıca zaman gecikmesini 3,33 ile 4,17 saat artırmış ve ısı akışı zayıflamasını %142,81–159,09 oranında iyileştirmiştir. Bu sonuçlar, duvar sistemlerinde PCM kullanmanın, özellikle önemli sıcaklık değişimlerine maruz kalan binalarda iç ortam sıcaklıklarını etkili bir şekilde dengeleyebileceğini, ısı akışını azaltabileceğini ve enerji verimliliğini artırabileceğini belirtmektedir.

Arumugam ve Shaik (2021), Çin'in Guangzhou kentindeki subtropikal iklimde PCM'lerle entegre edilmiş bina kabuklarının enerji performansını değerlendirmek için EnergyPlus aracılığıyla sayısal bir model kullanılmıştır. PCM, geçiş sıcaklığı, ısı iletkenlik ve kalınlık gibi çeşitli değişkenler incelenerek duvarların ve çatının hem dış hem de iç yüzeylerine katman olarak eklenmiştir. PCM kullanımının yıllık enerji tüketimini %20,9 oranına kadar azaltabileceği belirlenmiştir. Özellikle, çatıya PCM yerleştirmek en yüksek enerji tasarrufu (%5,79) sağlamıştır. Çünkü en fazla güneş ışınımı alır. Duvarlara PCM yerleştirmek ise daha düşük ancak yine de önemli oranda enerji tasarrufu sağlamıştır. Duvara PCM yerleştirmek %5,39 oranında bir azalma sağlamıştır. Bu nedenle, çatı daha fazla güneşe maruz kalması nedeniyle, enerji azaltımı açısından duvarlardan daha iyi performans göstermiştir.



3. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Binalarda PCM kullanımının ısı performansını önemli ölçüde artırdığı belirlenmiştir. Bununla birlikte PCM'lerin etkinlikleri çeşitli kritik faktörlerden etkilenir. PCM'lerin erime sıcaklığı, optimum ısı performans için çok önemlidir. Erime sıcaklığı, günlük ve mevsimsel sıcaklık dalgalanmaları sırasında etkili ısı soğutulması ve salımını sağlamak için iç ortam sıcaklık aralığıyla uyumlu olmalıdır. Çalışmalar, yerel iklim koşullarına uygun erime sıcaklıklarına sahip PCM'lerin seçilmesinin, en yoğun ısıtma veya soğutma dönemlerinde iç ortam sıcaklıklarını sabitleyerek enerji tasarrufunu %50 oranına kadar önemli ölçüde artırabileceğini bildirmektedir. Ayrıca, erime sıcaklığı sadece bir yük/sezon (ısıtma veya soğutma) için tasarlanmışsa, PCM'ler tüm yıl boyunca yeterli faydaya sahip olmayabilir veya daha da kötüsü, istenmeyen ısı etkiler üretebilir.

PCM'lerin ısı iletkenlik, gizli ısı ve özgül ısı gibi ısı özellikleri, performansları için önemlidir. Yüksek gizli ısı, daha fazla enerji depolama kapasitesine olana sağlar. Yeterli ısı iletimi, faz geçişleri sırasında etkin ısı transferi sağlar. Özgül ısı, bir malzemenin duyulur ısıyı depolama yeteneğini etkiler. Bu durum binalarda etkili ısı yönetim için optimize edilmiş ısı özelliklere sahip PCM'lerin seçimini önemli hale getirir.

PCM katmanlarının kalınlığı, ısıyı depolama ve serbest bırakma etkinliklerini doğrudan etkiler. Daha kalın PCM katmanları daha fazla ısı kütlesi sağladığından, etkin enerji depolama ve uzun süreli ısı düzenlemeye olanak sağlar. Ancak, belirli bir kalınlığın ötesinde kazanımlar azalır. Bu durum ısı performans ile maliyet ve kurulum gibi pratik konular arasında optimum bir dengeye ihtiyaç olduğunu gösterir.

PCM'lerin etkinliği farklı iklim bölgelerinde değişir. Daha sıcak iklimlerde, PCM'ler gündüz aşırı ısıyı soğurarak ve geceleri serbest bırakarak soğutma yüklerini azaltabilir. Daha soğuk iklimlerde, gündüz ısıyı depolayarak ve geceleri ısı kaybını en aza indirerek sıcaklığın korunmasına yardımcı olurlar. Bu nedenle, enerji tasarrufunu ve ısı konforu en üst düzeye çıkarmak için PCM özelliklerinin iklime özgü özelleştirilmesi gereklidir.

PCM'lerin duvarlar, çatılar ve zeminler gibi yapı bileşenlerine yerleştirilmesi, performanslarında önemli bir rol oynar. Örneğin, ılıman iklimlerde, PCM'lerin duvarlara ve çatılara yerleştirilmesi %31 oranına kadar enerji tasarrufu sağlarken, sıcak iklimlerde, en yüksek iç ortam sıcaklıkları 5 °C'ye kadar azaltılarak ısı konforu artırılmıştır. Binaların çatıları genellikle en yüksek düzeyde güneş ışınımına maruz kalır. Bu durum soğutma taleplerini azaltmak amacıyla PCM kullanımını ideal hale getirirken, duvarlar ısı yalıtımını artırmak ve sabit iç ortam sıcaklıklarını korumak için optimize edilebilir.

PCM katmanının bir duvar tertibatı içindeki konumu, ısı transferi ile nasıl etkileşime girdiğini etkiler. PCM'lerin iç tarafa daha yakın olarak yerleştirilmesi, zaman gecikmelerini uzatarak ve ısı akışını %46'dan fazla azaltarak iç ortam konforunu korumak için daha etkilidir. Çünkü bu uygulama daha iyi ısı soğutulması ve gecikmeli ısı salımı sağlar. Tersine, dış yerleşimler PCM'leri dış ortam sıcaklık dalgalanmalarına maruz bırakabilir. Bu durum PCM'lerin verimliliklerini azaltabilir.

Binaların yönü, PCM'lerin güneş ışınımı ve ortam sıcaklıklarıyla nasıl etkileşime girdiğini etkiler. Örneğin, uzun süre güneşe bakan duvarlar ve çatılar, güneş ısını soğurmak ve depolamak için PCM entegrasyonundan faydalanabilir. Böylece iç ortam soğutma



gereksinimlerini azaltabilir. Bina yöneliminin dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi, PCM sistemlerinin genel performansını artırabilir ve daha tutarlı enerji tasarrufları sağlayabilir.

Binalar, küresel enerji kullanımının ve sera gazı (GHG) emisyonlarının üçte birinden fazlasından sorumludur. Isıtma ve soğutma uygulamaları bu duruma büyük katkı sağlar. Faz değiştiren materyaller (PCM), ısı düzenlemeyi iyileştirmek ve ısıtma ve soğutma yüklerini azaltmak için umut verici bir pasif çözüm sunar. Bu bölümde, bina enerji performansını artırmak için PCM'lerin bina yapılarına entegrasyonuna ilişkin farklı deneysel ve simülasyon tabanlı çalışmalar değerlendirilmiştir. İncelenen temel değişkenler arasında erime sıcaklığı, gizli ısı kapasitesi, ısı iletkenlik (λ), PCM konumlandırması (iç, dış veya gömülü), kalınlık ve iklim bölgesi yer almaktadır. Sonuçlar, PCM'lerin ısı transferini %47,6 oranına kadar azalttığını, dalgalanmalarda %46 oranına kadar bir azalma ile iç ortam sıcaklıklarını dengelediğini ve bileşen yerleşimine ve iklime bağlı olarak ısıtma ve soğutma taleplerini %31 oranına kadar azalttığını bildirmektedir. Ilıman iklimler için optimum erime aralığı 22 °C ile 28 °C arasındadır. PCM miktarı, yerleşimi ve iklimsel uygunluk arasındaki kritik dengelerin belirlenmesi önemlidir.

Bu bildiride, PCM'lerin bina yapılarının ısı performansını ve enerji verimliliğini artırmadaki önemli potansiyeli vurgulanmaktadır. Temel bulgular, PCM'lerin bina bileşenlerine düzgün bir şekilde yerleştirilmesi durumunda iç ortam sıcaklıklarını etkili bir şekilde düzenleyebileceğini, iklimlendirme sistemlerine bağımlılığını azaltabileceğini ve önemli enerji tasarrufları sağlayabileceğini göstermektedir. Ancak, daha fazla araştırma gerektiren bazı bilgi boşlukları bulunmaktadır. Kritik bir boşluk, PCM'lerin değişen iklim koşulları altındaki uzun süreli performansında yatmaktadır. Deneysel ve simülasyon çalışmaları değerli öngörüler sağlarken, PCM'lerin zaman içindeki dayanıklılığını, ısı kararlılığını ve bozulmasını değerlendirmek için daha kapsamlı modellemeye ihtiyaç duyulmaktadır. Ek olarak, ısı iletkenlik, gizli ısı ve erime sıcaklığı gibi PCM özellikleri ile aşırı hava koşullarındaki performansları arasındaki etkileşim henüz yeterince araştırılmamıştır. Simülasyonlar, bina bileşenleri içindeki PCM yerleşimini optimize ederek ve belirli iklimler için yapılandırmaları test ederek bu boşlukların değerlendirilmesinde önemli bir rol oynayabilir. Örneğin, çeşitli senaryolarda PCM kalınlığı ve ısı kütle arasındaki ideal dengeyi belirlemek, pratik uygulamaları iyileştirmeye yardımcı olabilir. Dahası, PCM kullanımının yapısal bütünlüğü ve çimento, agregalar ve tamamlayıcı çimentolu malzemeler (SCM) gibi diğer sürdürülebilir malzemelerle olası sinerjileri nasıl etkilediğine dair sınırlı anlayış vardır. Sonuç olarak, PCM'lerin bina yapılarına başarılı bir şekilde entegre edilmesi tüm faktörlerin dikkatli bir şekilde değerlendirilmesine dayanır. Erime sıcaklığını, ısı özellikleri, kalınlığı, yerleşimi ve yönelimi optimize etmek için bir binadaki ısı performansı simüle ederek, PCM teknolojisi çeşitli iklimlerdeki binalarda ısı konforu ve enerji verimliliğini önemli ölçüde iyileştirebilir. Gelecekteki araştırmalar, laboratuvar ölçekli çalışmalar ile gerçek dünya uygulamaları arasındaki boşluğu kapatmaya, PCM teknolojilerinin ölçeklenebilirliğini ve maliyet etkinliğini sağlamaya ve sürdürülebilir inşaat uygulamalarını daha da ilerletmeye odaklanmalıdır. Gelecekteki araştırmalar ayrıca, ısı depolama, ısı iletkenlik ve yapısal uyumluluğu artırmak için birden fazla özelliği birleştiren kompozit PCM'ler gibi gelişmiş malzemelerin kullanımını da keşfetmelidir. Ek olarak, özellikle gerçek dünya koşulları altında PCM'lerin uzun vadeli dayanıklılığı ve ısı kararlılığı üzerine daha fazla araştırma, zaman içinde etkinliklerinin nasıl korunacağını anlamaya yardımcı olacaktır.



Binalar, küresel enerji kullanımının ve sera gazı (GHG) emisyonlarının üçte birinden fazlasından sorumludur. Isıtma ve soğutma uygulamaları bu duruma büyük katkı sağlar. Faz değiştiren materyaller (PCM), ısıı düzenlemeyi iyileştirmek ve ısıtma ve soğutma yüklerini azaltmak için umut verici bir pasif çözüm sunar. Bina enerji performansını artırmak için PCM'lerin bina yapılarına entegrasyonuna ilişkin farklı deneysel ve simülasyon tabanlı çalışmalar değerlendirilmiştir. İncelenen temel değişkenler arasında erime sıcaklığı, gizli ısı kapasitesi, ısıı iletkenlik (λ), PCM konumlandırması (iç, dış veya gömülü), kalınlık ve iklim bölgesi yer almaktadır. Sonuçlar, PCM'lerin ısıı transferini %47,6 oranına kadar azalttığını, dalgalanmalarda %46 oranına kadar bir azalma ile iç ortam sıcaklıklarını dengelediğini ve bileşen yerleşimine ve iklime bağılı olarak ısıtma ve soğutma taleplerini %31 oranına kadar azalttığını bildirmektedir. Ilıman iklimler için optimum erime aralığı 22 °C ile 28 °C arasındadır. PCM miktarı, yerleşimi ve iklimsel uygunluk arasındaki kritik dengelerin belirlenmesi önemlidir.

KAYNAKÇA

- Alassaad, K.; Minto, J.; de Wilde, P. Enhancing Building Thermal Performance: A Review of Phase Change Material Integration. *Energies* 2025, 18, 3200. <https://doi.org/10.3390/en18123200>.
- Arumugam, C.; Shaik, S. Air-conditioning cost saving and CO₂ emission reduction prospective of buildings designed with PCM integrated blocks and roofs. *Sustain. Energy Technol. Assess.* 2021, 48, 101657.
- Berardi, U.; Soudian, S. Experimental investigation of latent heat thermal energy storage using PCMs with different melting temperatures for building retrofit. *Energy Build.* 2019, 185, 180–195.
- Dardouri, S.; Tuncbilek, E.; Khaldi, O.; Arıcı, M.; Sghaier, J. Optimizing PCM Integrated Wall and Roof for Energy Saving in Building under Various Climatic Conditions of Mediterranean Region. *Buildings* 2023, 13, 806.
- EUN (2024). Environment, U.N. Global Status Report for Buildings and Construction|UNEP-UN Environment Programme. 2024. Available online: <https://www.unep.org/resources/report/global-status-report-buildings-and-construction> (accessed on 23 October 2024).
- GSRBC (2023). 2023 Global Status Report for Buildings and Construction, Security & Sustainability. Available online: <https://securesustain.org/report/2023-global-status-report-for-buildings-and-construction/> (accessed on 23 October 2024).
- Guo, J.; Zhang, G. Investigating the performance of the PCM-integrated building envelope on a seasonal basis. *J. Taiwan Inst. Chem. Eng.* 2021, 124, 91–97.
- Khan, M.; Ibrahim, M.; Saeed, T. Space cooling achievement by using lower electricity in hot months through introducing PCM-enhanced buildings. *J. Build. Eng.* 2022, 53, 104506.
- Kuczynski, T.; Staszczuk, A. Experimental study of the thermal behavior of PCM and heavy building envelope structures during summer in a temperate climate. *Energy* 2023, 279, 128033.



- Liu, Z.; Hou, J.; Huang, Y.; Zhang, J.; Meng, X.; Dewancker, B.J. Influence of phase change material (PCM) parameters on the thermal performance of lightweight building walls with different thermal resistances. *Case Stud. Therm. Eng.* 2022, 31, 101844.
- Liu, Z.; Hou, J.; Wei, D.; Meng, X.; Dewancker, B.J. Thermal performance analysis of lightweight building walls in different directions integrated with phase change materials (PCM). *Case Stud. Therm. Eng.* 2022, 40, 102536.
- Moshtaghi Jafarabad, A.; Madhkhan, M.; Sharifi, N.P. Thermal and mechanical properties of PCM-incorporated normal and lightweight concretes containing silica fume. *Can. J. Civ. Eng.* 2019, 46, 643–656.
- Refahi, A.; Rostami, A.; Amani, M. Implementation of a double layer of PCM integrated into the building exterior walls for reducing annual energy consumption: Effect of PCM wallboards position. *J. Energy Storage* **2024**, 82, 110556.
- Saffari, M.; de Gracia, A.; Fernández, C.; Belusko, M.; Boer, D.; Cabeza, L.F. Optimized demand side management (DSM) of peak electricity demand by coupling low temperature thermal energy storage (TES) and solar PV. *Appl. Energy* 2018, 211, 604–616.
- Schmerse, E.; Ikutegbe, C.A.; Auckaili, A.; Farid, M.M. Using PCM in Two Proposed Residential Buildings in Christchurch, New Zealand. *Energies* **2020**, 13, 6025.
- Wang, Q.; Wu, R.; Wu, Y.; Zhao, C.Y. Parametric analysis of using PCM walls for heating loads reduction. *Energy Build.* 2018, 172, 328–336.
- Zhang, Q.; Yang, Z.; Wang, G. Numerical and experimental investigation on dynamic thermal performance of floor heating system with phase change material for thermal storage. *Indoor Built Environ.* 2021, 30, 621–634.



HAYVANSAL ÜRETİMDE ENERJİ KULLANIMI

Prof.Dr. Hasan Hüseyin ÖZTÜRK

Çukurova Üniversitesi

hhozturk@cu.edu.tr, ORCID NO: 0000-0001-6904-5539

Dr. Hasan Kaan KÜÇÜKERDEM

İğdır Üniversitesi

kaan.kucukerdem@igdir.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-1593-4725

Dr. Ümran ATAY

Mardin Artuklu Üniversitesi

umranatay@artuklu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-2248-4582

ÖZET

Hayvansal üretim için kullanılan enerji hem doğrudan hem de dolaylı kaynaklardan karşılanır. Doğrudan enerji kullanımı, çiftlikte gerçekleşen hayvansal üretimde tüketilen tüm enerjiyi belirtir. Doğrudan enerji tüketimi, çiftlik içi tüm uygulamalar ve makine kullanımı, ürün işleme ve besleme, sağım süreçleri (sağım ve süt soğutma), gübre yönetimi ve hayvan barınağının iklimlendirilmesi (aydınlatma, ısıtma, soğutma, nem alma ve havalandırma) için kullanılan enerjiden oluşur. Dolaylı enerji kullanımı, hayvansal üretimle ilişkili ancak çiftlikten önce tüketilen enerjiyi belirtir. Dolaylı enerji tüketimi, gübre, pestisit ve hayvan yemi üretiminde kullanılan enerjileri kapsar. Yem hammaddeleri de dahil olmak üzere hayvan yemi üretmek için kullanılan tüm enerjiyi içerir. Hayvan beslemede kullanılan yemler (kesif yem, konserve yem veya otlatma) hayvancılık sektörlerindeki toplam enerji tüketiminin %50'sinden fazlasını ve birçok durumda %75 veya daha fazlasını oluşturmaktadır. Bu bildiride, sığır (et ve süt) ve tavukçuluk (et ve yumurta) dahil, en önemli hayvancılık sektörlerindeki enerji kullanımını incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hayvansal üretim, Enerji kullanımı, Sera gazı emisyonları.

1. GİRİŞ

Dünyada hayvancılık sektörü iklim değişikliğine önemli oranda katkıda bulunur. Arazi kullanımındaki değişikliğin itici gücüdür, fosil enerji kaynaklarına bağımlıdır ve önemli bir sera gazı (GHG) emisyonu kaynağıdır. Dünya genelinde hayvansal üretim sistemleri ve enerji kullanımları önemli ölçüde değişkenlik gösterir ve coğrafya, üretim sistemleri ve tarımsal ekolojik bölgeler dahil olmak üzere çeşitli faktörlerden etkilenir. Bununla birlikte, enerji kullanımı ile ilgili olarak, bazı önemli genellemeler vardır. Çoğu üretim sisteminde ve hayvancılık kategorisinde, hayvan yemi ana enerji tüketen girdidir. AB içinde, toplam üretilen hayvan yeminin yaklaşık üçte biri karma yemdir. Diğer bileşenler yapay yemler (%50) ve doğrudan yem ham maddelerdir (%20). Ek olarak, yemin önemli bir kısmı meralardan karşılanır ve bunun da yaklaşık 940 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir (Paris ve Ark., 2022). AB’de, toplam yem tüketiminin %77’si yurtiçinde üretilmektedir. Yem üretimi toplam buğday, mısır ve arpa tüketiminin yaklaşık %60’ını oluşturmaktadır. Buna rağmen, AB hayvancılık sektörü hayvan yemi için ithal protein kaynaklarına bağımlıdır. AB’nin yaklaşık %70 oranında yüksek proteinli materyal açığı olduğu ve bunun %87’sinin ithal edilen soya fasulyesi ve soya küspesi ile karşılandığı tahmin edilmektedir (Watson ve Ark., 2017). AB her yıl 18,5 milyon ton soya



fasulyesi küspesi ithal etmektedir ve bunun %95'i hayvanların beslenmesinde kullanılmaktadır (EC, 2020).

Hayvan yemi üretimindeki en fazla enerji girdilerini, yem bitkileri üretimi ve gübreler, pestisitler, tohumlar ve yem takviyeleri gibi dolaylı enerji girdileri oluşturur. Mevcut birçok çalışmada, hayvan yemi üretimiyle ilişkili enerji kullanımı hakkında rakamlar verilmektedir. Ancak bunlar, ham madde kullanımı ve hayvancılık sistemine bağlı olarak önemli ölçüde değişiklik göstermektedir. Bu yemlerin üretimi, işlenmesi ve taşınması, çoğunlukla fosil kaynaklara bağımlı olan ve hayvansal üretimde tüketilen toplam enerjinin büyük bir bölümünü temsil eden önemli miktarda enerji girdisi gerektirir. Hayvan beslemede kullanılan yemler (kesif yem, konserve yem veya otlatma) hayvancılık sektörlerindeki toplam enerji tüketiminin %50'sinden fazlasını ve birçok durumda %75 veya daha fazlasını oluşturmaktadır (Paris ve Ark., 2022).

Çoğu sistemde, hayvan yetiştirme hayvan barınaklarında yapılır. Ancak kullanılan yapılara, tarımsal iklim koşullarına ve yetiştirilen hayvan türlerine bağlı olarak enerji kullanımı açısından önemli farklılıklar bildirilmektedir. Genel olarak, bu sistemlerde iç ortam için iklim kontrolü yapılır ve ana enerji tüketen kategoriler ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma ve bir dizi başka cihazlardır. Özellikle süt sistemlerinde, önemli miktarda enerji tüketimi sağım süreçlerine gerçekleşir. Gübre yönetimi, çiftliğin yapısına bağlı olarak çeşitli biçimlerde yapılır. Gübre genellikle toplanır ve barınak sisteminin altında veya yakınında bulunabilen belirli depolama tanklarında bir süre depolanır. Gübreyi taşımak için konveyör bantlar, arduvaz zeminler veya traktörler gibi çeşitli araçlar/sistemler mevcuttur. Depolama aşamasında veya daha sonra gübre işlenir ve çoğunlukla daha sonraki bir aşamada araziye uygulanır.

2. HAYVANSAL ÜRETİMDE ENERJİ KULLANIMI

Hayvansal üretim için enerji kullanımı hem doğrudan hem de dolaylı kaynaklardan karşılanır. Bu amaçla, çiftlik kapısına kadar kullanılan tüm enerji dikkate alınır. Doğrudan enerji kullanımı, çiftlikte gerçekleşen hayvansal üretimde tüketilen tüm enerjiyi belirtir. Doğrudan enerji tüketimi, çiftlik içi tüm uygulamalar ve makine kullanımı, ürün işleme ve besleme, sağım süreçleri (sağım ve süt soğutma), gübre işleme ve hayvan barınağının iklimlendirilmesi (aydınlatma, ısıtma, soğutma, nem alma ve havalandırma) için kullanılan enerjiden oluşur. Dolaylı enerji kullanımı, hayvansal üretimle ilişkili ancak çiftlikten önce tüketilen enerjiyi belirtir. Dolaylı enerji tüketimi, gübre, pestisit üretimi ve hayvan yemin üretiminde kullanılan enerjileri kapsar. Yem hammaddeleri de dahil olmak üzere hayvan yemini üretmek için kullanılan tüm enerjiyi içerir. Uygulamada, hemen hemen tüm çalışmalarda hayvan yemi hakkında dolaylı enerji kaynağı olarak veri bulunmaktadır. Yapılan araştırmalarda, tarımsal binaların, ekipmanların ve makinelerin üretimiyle ilişkili enerji kullanımı dahil edilmemiştir. Bu yaklaşım, birçok çalışma bu verileri enerji kullanım verilerine dahil etmediği için seçilmiştir. Ek olarak, bu tarımsal altyapının doğru bir şekilde ölçülmesiyle ilgili önemli sorunlar vardır. Çünkü bu durum tarımsal altyapının kullanımıyla ilişkili uzun zaman çerçevesi nedeniyle, genellikle endüstri gibi diğer sektörler ile ilişkilidir.

Kavramsal olarak, bu bölümde, sığır (sığır eti ve süt), domuz/domuz eti ve kümes hayvanları (et ve yumurta) dahil, AB'deki en büyük hayvancılık sektörlerindeki enerji kullanımını incelenmiştir. Koyun ve keçi dahil diğer hayvancılık sektörlerinden kısaca bahsedilmiştir.



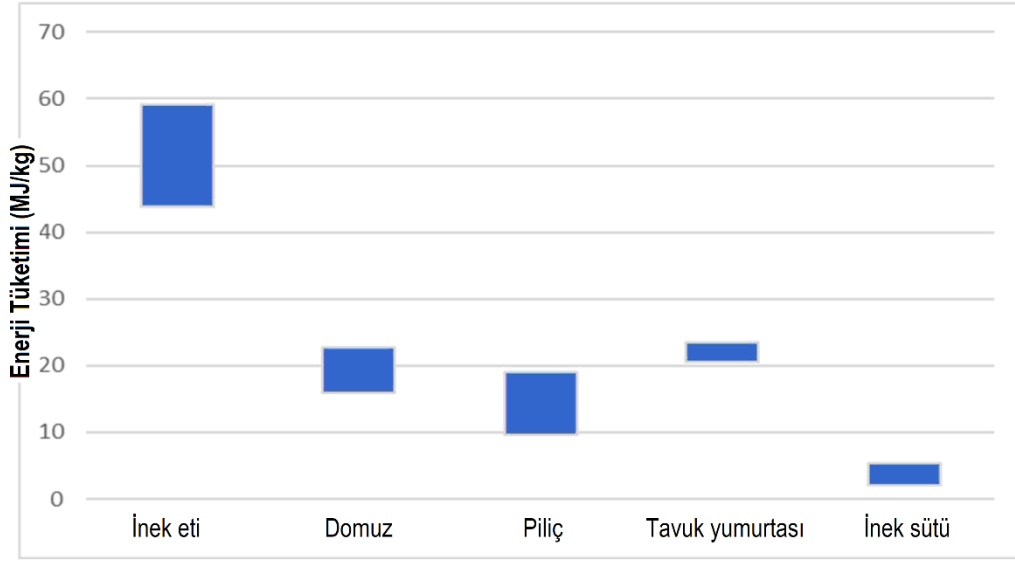
Ancak yeterli güvenilir veri eksikliği nedeniyle ayrıntılı olarak tartışılmamıştır. Bu bölüm için, hem doğrudan hem de dolaylı kaynaklardan gelen enerjiyi içeren, hayvancılık sektöründe uygulamada enerji kullanımı tanımı benimsenmiştir. Bu bölümün sınırı, çiftlik kapısına kadar kullanılan tüm enerjidir.

Esas olarak LCA çalışmalarına odaklanılarak, belirli üretim sistemleri ve tarımsal iklim koşullarında bir birey veya küçük bir çiftlik topluluğu içindeki hayvancılık sistemlerindeki enerji kullanımını inceleyen çalışmaların incelenmesi önemlidir. Ancak, politika, sosyal faktörler, bilgi, girdi ve çıktı fiyatları gibi diğer faktörlerin hepsi çiftlik içi enerji kullanımını etkiler. LCA çalışmaları, genellikle belirsizlik içeren veriler sağlamadığından, veriler belirsizlik dereceleri olmadan sunulmaktadır. Bu durumun başlıca olumsuzluğu, LCA çalışmalarının doğası ve belirsizlik eksikliği nedeniyle, bu sonuçları aktarmanın ve bunları diğer çiftlikler için tahminlerde kullanmanın zor olmasıdır.

Hayvancılık dahil olmak üzere genel olarak tarımsal sistemlerde enerji kullanımını araştırmanın en önemli olumsuzluğu, çiftlikte ve gıda sistemi içinde enerji kullanımını ölçmek için standartlaştırılmış bir yöntemin olmamasıdır. Bu nedenle, farklı çalışmalar enerji kullanımını farklı kategorilere göre tahsis etmiştir. Bu durum karşılaştırmaları zorlaştırmaktadır. Örneğin, bazı çalışmalarda barınağın tamamı için toplu rakamlar verilirken, bazılarında ise farklı barınaklar için bilgiler verilmektedir.

2.1. Genel

Hayvansal üretimde enerji kullanımı ile ilgili çalışmalarda coğrafi alanlar ve üretim sistemleri arasında önemli farklılıklar olmasına rağmen, sığır eti hariç AB-27'deki tüm ana üretim sistemlerinde, dolaylı bir enerji girdisi olan hayvan yemi, hayvancılık sistemlerindeki ana enerji girdisidir. Birçok çalışmada, hayvan yemi tüm enerji gereksinimlerinin yaklaşık dörtte üçünü oluşturmaktadır (Görsel 1). Et üretim sistemlerinde başlıca doğrudan enerji gereksinimleri, barınma ve besleme süreçlerinde çoğunlukla elektrik kullanılarak, gübre yönetimi süreçlerinde ise çoğunlukla dizel yakıt kullanılarak karşılanır. Sağım sistemlerinde, başlıca doğrudan enerji tüketen faaliyetler sağım, süt soğutma ve su ısıtma ile ilgilidir. Bu uygulamalar için, bazı ülkelerde başlıca enerji kaynağı elektrik, diğerlerinde ise doğrudan fosil yakıtlardır. Su pompalama ve aydınlatma gibi diğer elektrik tüketen faaliyetlerde enerji tüketimi kısmen düşüktür. Ele alınan çalışmalar, Kilogram et başına en fazla enerji yoğun üretim sistemi, sığır eti üretimi olup, bunu domuz eti ve kümes hayvanları izlemektedir.



Görsel 1. Hayvansal Üretimde Enerji Girdileri (Paris ve Ark., 2022)

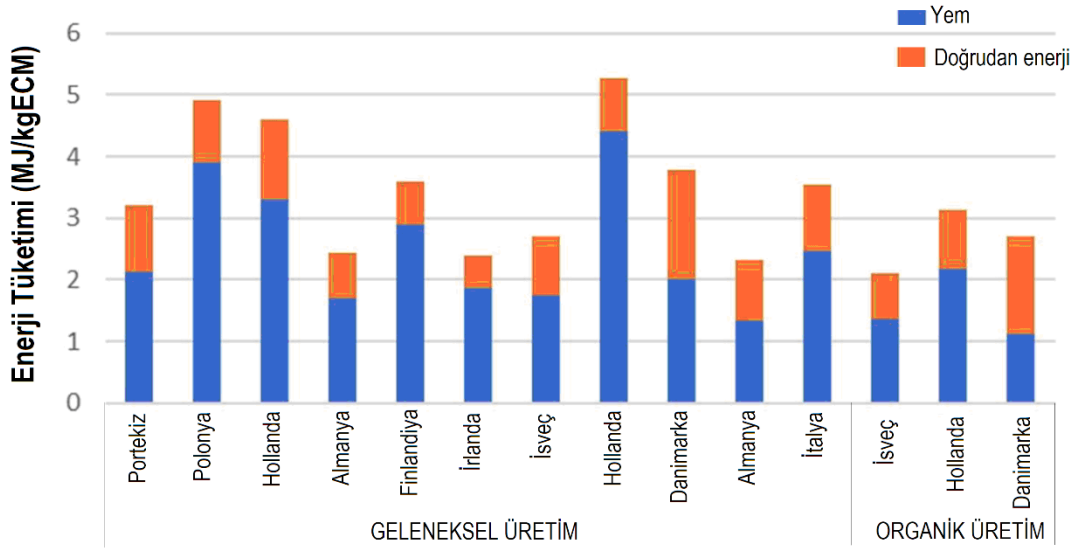
Enerji gereksinimleri enerjisi düzeltilmiş inek sütü (ECM) başına 2,1 ile 5,3 MJ/kg, süt veren inek için 59,2 MJ/kg ve süt boğası için 43,73 MJ/kg, domuz eti üretimi için 15,9 MJ/kg ile 22,7 MJ/kg, piliç üretimi için 9,6 MJ/kg ile 19,1 MJ/kg ve tavuk yumurtası üretimi için 20,5 ile 3,5 MJ/kg arasında değişmektedir (Görsel 1). Hayvan türleri arasındaki farklılık muhtemelen farklı üretim sistemlerinin ve farklı türlerin farklı büyüme oranlarına ve üretim başına farklı miktarda yem gerektiren biyolojik faktörlerin bir kombinasyonudur.

2.2. İnek Süt Üretimi

Süt üretim sistemleri, alçak ve yüksek kesimler ile yoğun ve yoğun olmayan yetiştiricilik arasında önemli ölçüde değişiklik gösterir. Süt üretiminin büyük çoğunluğu, süt ineklerinin genellikle içeride tutulduğu, yemin çiftlik dışından ithal edildiği ve laktasyon sırasında ineklerin genellikle günde iki veya daha fazla kez sağıldığı yoğun sistemlerde gerçekleşmektedir. Yem ve barınma ile ilişkili enerji kullanımına ek olarak, sağım ile ilgili çeşitli süreçler, süt soğutma, süt toplama, su ısıtma ve su pompalama gibi süreçlerde önemli miktarda enerji tüketmektedir.

Enerjisi düzeltilmiş inek sütü (ECM) birim kütlesinin (kg) üretimi başına toplam enerji girdileri 2,1 ile 5,3 MJ arasında değişmektedir (Görsel 2). Organik sistemlerde genel olarak daha az enerji tüketiliyor gibi görülmekle birlikte, bu durum kesin değildir. Bununla birlikte, üretim yöntemleri nedeniyle bu enerji girdilerinin yenilenebilir kaynaklardan gelme olasılığı daha yüksektir. Yem üretimi için dolaylı enerji tüketimi, birçok araştırmada açık ara en yüksek enerji girdisi olarak bildirilmiştir (Paris ve Ark., 2022).

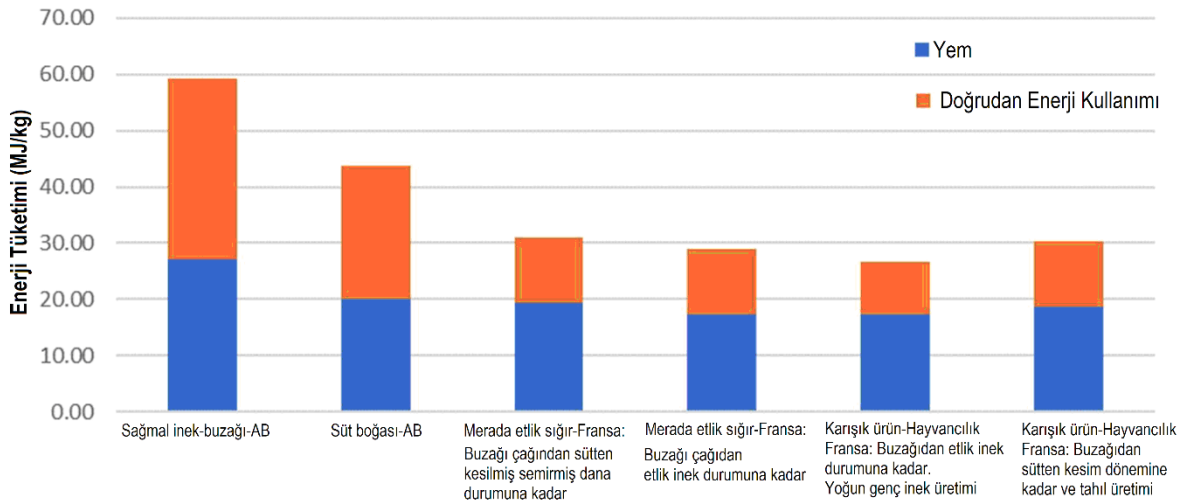
Süt çiftliklerinde en fazla sağım ve süt soğutma süreçlerinde, ardından su ısıtma ve su pompalama süreçlerinde doğrudan elektrik kullanılır. Sıvı yakıt enerjisi kullanımını içeren çalışmalardan, belirli kullanımları hakkında kısmen az bilgi mevcuttur. Ancak, genel olarak bunun mera yönetimiyle ilişkili traktör kullanımına tahsis edildiği varsayılmaktadır. Üretim sistemi ve sağım sistemi türü dahil olmak üzere çeşitli faktörlere bağlı olarak bireysel çalışmaların farklı veri kümeleri sağladığını belirtmek önemlidir.



Görsel 2. İnek Sütü Üretiminde Enerji Girdileri (MJ/kg_{ECM}) (Paris ve Ark., 2022)

2.3. İnek Eti Üretimi

İnek eti üreten hayvancılık işletmeleri arasında yemdeki farklılıklardan (meradan otla beslemeye), barınma sistemlerinden, ekonomik üretim sistemlerinden ve ırklardan oluşan farklı üretim sistemleri vardır. Tüm AB inek eti üretiminin yaklaşık yarısının itlaf edilmiş süt ineklerinden ve diğer yarısının ise inek eti üretiminde uzmanlaşmış sistemlerden karşılanmaktadır (Nguyen ve Ark., 2010). Birçok çalışma, inek eti üretiminin, başlıca hayvancılık sistemleriyle karşılaştırıldığında, üretilen etin kilogramı başına en yüksek çevresel yükü taşıdığını vurgulamaktadır (McAuliffe ve Ark., 2018). Nguyen ve Ark. (2010) tarafından belirtildiğine göre, AB’de ortalama süt ineğinden et üretiminde 59,2 MJ/kg, süt boğasından et üretiminde ise 43,73 MJ/kg enerji gerektiğini bildirilmiştir (Görsel 3).

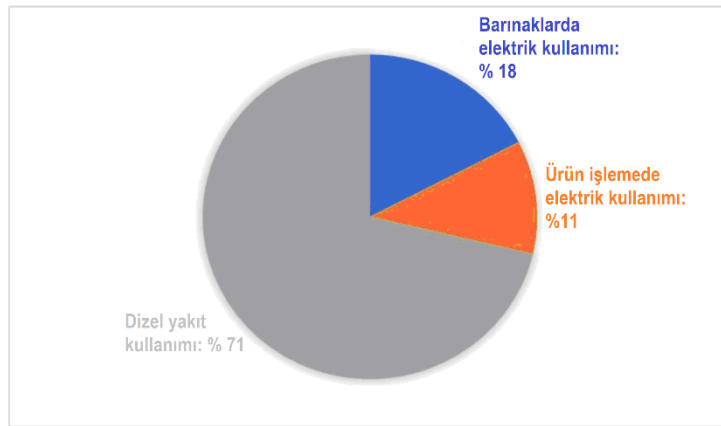


Görsel 3. İnek Eti Üretimi İçin Kesim Kütle Başına Enerji Girdileri (Paris ve Ark., 2022)

AB ülkelerindeki sığır eti üretiminin yaklaşık %60’ının süt ineği boğaları ve %40’ının süt ineği-buzağıları ile yapıldığı düşünüldüğünde, kaba bir tahmin, hayvancılıkta kullanılan tüm enerjinin %30-40’ının yem ve gübrelerle ilişkili olduğunu göstermektedir. Avrupa’da inekler genellikle tarlada yetiştirilen ot ve tahılların yanı sıra ithal soya unu ve minerallerin bir

kombinasyonu ile yetiştirilir. Ancak, yemdeki enerji girdisinin, bir ineğin otla-merada veya kesif yemle-barınakta beslendiğine bağlı olarak önemli ölçüde değişebileceğini belirtmek önemlidir. Çünkü meralar, yetiştirme ve gübreleme işlemleri için çok daha az enerji girdisi gerektirir.

Diğer taraftan, bu yaklaşık tahmin, sığır eti üretim sistemlerindeki enerji tüketiminin %60-70'inin çiftlik içi faaliyetlerle ilişkili olduğunu göstermektedir. Nguyen ve Ark. (2010), doğrudan enerji kullanımını araştırmışlardır. Çiftlik içinde dizel kullanımı, doğrudan enerji kullanımının %71'ini oluşturmaktadır. Dizel yakıt kullanımının, esas olarak gübre yönetimi ve saha uygulamalarına atfedilebileceği bildirilmiştir. Ahırlarda ve barınaklarda kullanılan elektrik toplam enerji ihtiyacının %17'sini, ürün işleme kullanılan elektrik ise %11'ini oluşturmaktadır (Görsel 4).



Görsel 4. Faaliyete Göre Doğrudan Enerji Girdileri (Paris ve Ark., 2022)

Farklı üretim sistemlerinin farklı gereksinimleri olduğunu ve sığır eti üretim sistemlerinde enerji kullanımını hesaplamak için çeşitli yöntemlerde veri kıtlığı olduğunu belirtmek önemlidir. Özellikle sığır eti üretim sistemlerinde, yem, arazi kullanımı ve enerji gereksinimleri arasında önemli takaslar var gibi görünmektedir (Capper, 2012). Örneğin, bazı çalışmalarda (Capper, 2012), otla beslenen sığırlardan elde edilen etin otla beslenmeyen sığırlardan elde edilen etten daha çevre dostu olduğu, ancak daha fazla arazi kullanım ayak izine sahip olma olasılığının yüksek olduğu belirtilmektedir. Birçok kurum tarafından sığır eti üretim sistemlerinde enerji kullanımını tahmin etme yöntemlerinin güncellenmesi gerektiği bildirilmektedir. yitirmiştir (Cabezas-Garcia ve Ark., 2021).

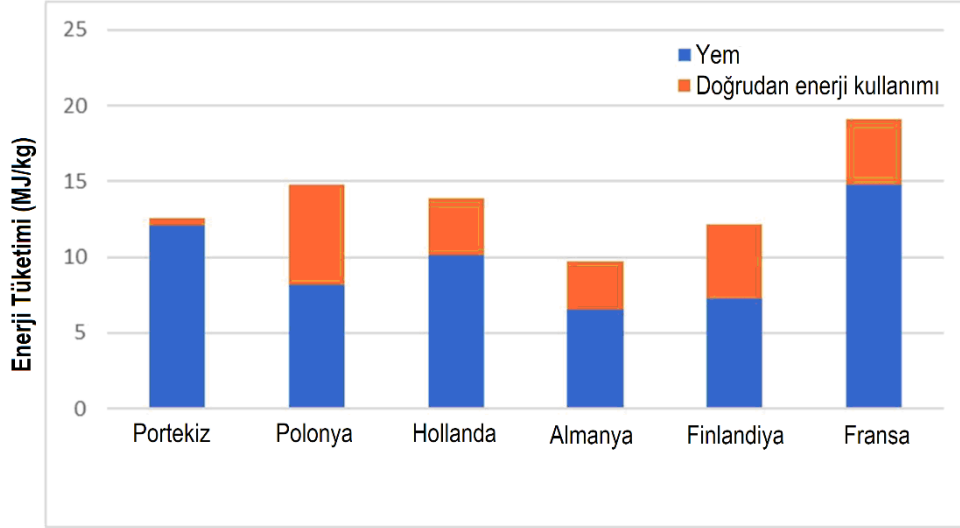
2.4. Piliç Eti

Piliç eti üretimi, etlik piliç yetiştiriciliği ile sağlanır. Piliç yetiştirme için yoğun sistemler genellikle büyük işletmeler, yüksek stok yoğunlukları, kapalı iç mekan yetiştirme, hızlı büyüme oranları ve ithal yem ile karakterize edilir. Etlik piliç yetiştiriciliğinde enerji kullanımı, 9,6 MJ/kg ile 19,1 MJ/kg arasında değişirken, bu toplamın yaklaşık %75'i yemle ilişkilidir (Görsel 5).

Costantino ve Ark. (2016), doğrudan enerji tüketimiyle ilgili olarak, çeşitli kaynaklardan gelen verileri birleştirerek, ısıtmanın çiftlikteki en büyük enerji tüketen işlem olduğu ve toplam enerji tüketiminin yaklaşık %90'ını oluşturduğunu, ardından havalandırma ve aydınlatmanın geldiğini bildirmişlerdir. Markou ve Ark. (2017), Kıbrıs'ta enerji kullanımının %40'ının ısıtma, %28'inin havalandırma, %24'ünün ulaşım, %5'inin aydınlatma, %2'sinin yemleme ve %1'inin



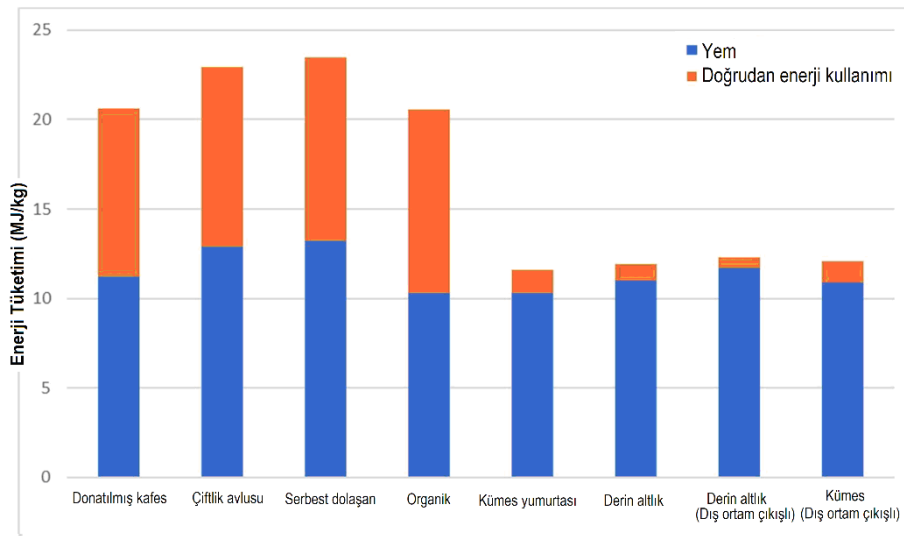
sulama ile ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada ayrıca kapalı tavuk kümeslerinin açık kümeslere kıyasla %30-40 oranında daha az enerji tükettiği belirlenmiştir. Kapalı piliç kümesleri enerjilerinin %35'ini elektrikten ve %65'ini yakıtlardan alırken, açık piliç kümesleri için bu oranlar sırasıyla, %20 ve %80'dir. Bulunan özel enerji taşıyıcıları kapalı kümesler tip için %20 elektrik, %44 LPG, %11 biyokütle ve %25 dizel yakıt iken, açık kümesler için %35 elektrik, %17 LPG, %29 biyokütle ve %19 dizel yakıttır (Markou ve Ark., 2017).



Görsel 5. Etlik Piliç Yetiştiriciliğinde Enerji Girdileri (Paris ve Ark., 2022)

2.6. Tavuk Yumurtası

Tavuk yetiştiriciliğinde donatılmış kafesler, yüksek stok yoğunlukları ve kapalı kafeslerle karakterize edilirken, diğer sistemler daha düşük stok yoğunluklarına sahiptir ve tavukların genellikle açık alana erişimleri vardır. Dekker ve Ark. (2011), coğrafi olarak sınırlı olmasına rağmen, AB'deki ana üretim sistemlerini kapsayan Hollanda'daki dört yumurta üretim sistemini incelemişlerdir. Bu çalışmada, 1 kg yumurta üretmek için 20,5–23,5 MJ enerji girdisine ihtiyaç duyulduğu ve bütün durumlarda toplam enerji girdilerinin en az %50'sinin yemle ilişkili olduğu belirlenmiştir (Görsel 6).



Görsel 6. Yumurta Üretim Sistemlerinde Enerji Girdileri (MJ/kg) (Paris ve Ark., 2022)



Williams ve Ark. (2006), organik olmayan, kafesli ve serbest dolaşımli yumurta üretim sistemleri için yaklaşık olarak sırasıyla, 14,1, 13,6 ve 15,4 MJ/kg enerji girdisi gerektiğini bildirmişlerdir. Leinonen ve Ark. (2012), yemin toplam enerji kullanımının %54 ile %75'ini temsil ettiğini belirtmişlerdir. Bunu toplam enerji kullanımının %16-38'ini oluşturan çiftlik içi elektrik kullanımı (çoğunlukla havalandırma, otomatik yemleme ve aydınlatma için) izlemiştir. Gaz ve yağ kullanımına ilişkin enerji tüketimi toplam enerjinin %7-14'ünü oluşturmaktadır. Benzer şekilde, Markou ve Ark. (2017), yemin toplam enerji tüketiminin yaklaşık %83'ünü oluşturduğunu belirlemişlerdir. Doğrudan enerji tüketimiyle ilgili olarak, havalandırmanın enerji kullanımının %33'ünü, aydınlatmanın %15'ini, taşımacılığın %17'sini, ısı enerjinin %3'ünü, atık bertarafının %2'sini, paketlemenin %14'ünü, sulamanın %1'ini ve beslemenin %15'ini oluşturduğu belirlenmiştir. Enerji taşıyıcılarının %55 elektrik, %12 LPG ve %33 dizel olduğu bildirilmiştir.

2.6. Koyun ve Keçi

Benoit ve Laignel (2010), Güneybatı Fransa'daki dört koyun çiftçiliği sistemindeki yenilenemeyen enerji tüketimini araştırmıştır. Karkas kütlesi (kg) başına 59,8–88,7 MJ enerji girdisinin gerektiği belirlenmiştir. Hemen hemen tüm durumlarda, gübre ve yemin, toplam enerji tüketiminin yaklaşık dörtte üçünü oluşturan ana enerji girdileri olduğu, ardından çiftlikte doğrudan dizel kullanımının geldiği bildirilmiştir. Otlatma sisteminde yetiştirilen koyunların diğer sistemlere kıyasla ortalama %42 daha az enerji tükettiği bildirilmiştir.

Wallman ve Ark. (2011), İsveç'te kuzu yetiştiriciliği üzerine bir araştırma yapmışlar ve kuzu karkas kütlesi başına yaklaşık 33 MJ toplam enerji girdisi gerektiğini belirlemişlerdir. Toplam enerji girdisinin 17 MJ'ünü yem, 16 MJ'ünü ise çiftlikte dizel kullanımı (%67) ve elektrik kullanımı (%33) oluşturmuştur. Organik sistemlerde ortalama enerji girdilerinin, üretilen yem ve gübre kullanımının azalması nedeniyle yaklaşık yarı yarıya azaldığı bildirilmiştir.

Koyun ve keçi sütüyle ilgili olarak yapılan araştırmalarda, hem koyun hem de keçi sütünün inek sütünden daha fazla enerji gereksinimi olduğu belirtilmektedir. Kanyarushok ve Ark. (2008) Fransa'da keçi sütü üzerine bir çalışma yapmışlar ve yağ ve protein içeriği düzeltilmiş süt (FPCM) başına toplam 5,06 MJ gerektiğini belirlemişlerdir. Toplam enerjinin 3,87 MJ'ünü yem ve 1,19 MJ'ünü çiftlik içi üretim oluşturmaktadır. Koyun sütü için FPCM başına 4,9 MJ enerji gerektiğini bildirilmiştir (Paris ve Ark., 2022). Cossu ve Ark. (2020) koyun sütünün soğutulması konusunda yaptığı çalışmada, koyun sütü soğutma için enerji girdisinin inek sütünden önemli ölçüde daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

3. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Hayvan yetiştirme sistemlerinde en fazla enerji hayvan yemi için tüketilmektedir. Hayvancılık sektörünün enerji ihtiyaçları çeşitlendirilmiş olsa da, çiftlikteki enerji kullanımı barınma ve gübre yönetiminde yoğunlaşır. Elektrik genellikle aydınlatma, besleme ve sağım sistemleri için kullanılırken, doğrudan enerji girdileriyle ilişkili fosil yakıtlar genellikle gübre yönetimi ve ısıtma için kullanılır. Daha yenilenebilir elektrik ve ısı kaynaklarına geçilmesi, çiftlikteki faaliyetler için kullanılan fosil enerji miktarını azaltmaya her zaman yardımcı olabilir.

Yemin genellikle en fazla enerji tüketen faaliyet olmasının birkaç nedeni vardır. Enerji açısından, hayvansal ürünlerin üretimi, yem-ürün dönüşüm oranına bağlı olarak, metabolik ve



ısıtıl işlemler nedeniyle doğası gereği verimsizdir. Uygulamada bu durum, hayvanların tükettiği enerjinin çoğunun hayvansal 'ürünlerin' üretimi yerine hücre yapısını korumak ve yenilemek için harcadığı anlamına gelir. Ek olarak, hayvan yeminin üretimi, taşınması, depolanması ve işlenmesi büyük ölçüde, dizel, gübre ve pestisitlerle ilişkili fazla miktarda enerji tüketen yoğun bir işlem kullanılarak üretilen tahıllara ve diğer açık alanlarda üretilen ürünlere bağlıdır.

AB ülkelerinde sığır eti üretimi kilogram başına en fazla enerji tüketir, bunu domuz eti ve piliç üretimi izler. Coğrafi olarak, çeşitli çalışmalar, iklim koşulları nedeniyle gereken ek ısıtma nedeniyle hayvan barınaklarında enerji kullanımının Kuzey Avrupa'da Güney Avrupa'ya kıyasla önemli ölçüde daha yüksek olma ihtimalinin olduğu bildirilmektedir. Çalışmalar ayrıca, yerel olarak üretilen yemle yetiştirilen hayvanların, yerel olarak üretilmeyen yemlere bağımlı hayvanlara göre önemli ölçüde daha az enerji girdisi gerektirdiğini belirtmektedir. Bu durum, üretim sistemleri, yem kullanımı ve coğrafi konum arasında güçlü bağlantılar olması muhtemel olduğunu göstermektedir. Elektrik ve fosil yakıtlar, hayvancılık çiftliklerinin gerekli işletimi ve tesislerinde uygun koşulların sürdürülmesi için ana enerji kaynaklarını oluşturmaktadır. Ancak, hayvancılıkta enerji kaynaklarının belirli oranına ilişkin net bir genel bakış yoktur; dizel yakıt kullanımının en büyük enerji kaynağı olduğu genel olarak kabul edilmektedir. Bu durum, dünyadaki diğer bölgelere benzerdir. Örneğin ABD'de, ABD Enerji Bilgi İdaresi'ne göre, doğrudan enerji tüketiminin ana kaynağı, toplam enerji girdilerinin %50'sinden fazlasını oluşturan damıtılmış yakıt biçiminde gerçekleşir, bunu propan, elektrik ve doğal gaz takip eder. Artan araştırma ilgisi dikkate alındığında, hayvancılık sektöründeki enerji kaynaklarının belirli oranlarına ilişkin daha net bir görüş belirlemek önemli olabilir. Gelecekteki çalışmaların, yenilenebilir ve yenilenemeyen kaynaklardan gelen birincil enerji payını değerlendirmek için birincil enerji yaklaşımına dayalı enerji analizine doğru eğilimi, daha temiz enerji karışımlarına geçişin hayvancılık üretiminin sürdürülebilirliğini nasıl etkileyeceğini değerlendirmek için önemli olacaktır. Bu ayrım, hayvansal üretimin çevresel sürdürülebilirliğinin değerlendirilmesini önemli ölçüde iyileştirecektir. Ancak bunun mümkün olması için, hayvancılık tesislerinde faaliyet başına enerji kullanımının daha ayrıntılı bir şekilde kaydedilmesinin bir ön koşul olarak kabul edilmesi gerektiği öngörülmektedir.

Hayvancılık sektörünün genel olarak çok sayıda doğal kaynak üzerindeki etkisi ve arazi, toprak, su ve biyolojik çeşitliliğin giderek artan kıtlığı dikkate alındığında, yenilenebilir enerji kaynaklarının (RES), Enerji Verimliliği Önlemlerinin (EEM) ve dünya genelindeki teknolojilerin artan kullanımının, çiftçilere kendi enerjilerini üreterek ve daha öz yeterli hale gelerek çiftliklerinin dış girdilerini azaltmaları için eşsiz bir fırsat sağladığı açıktır. İlk yatırımla, güneş, rüzgar ve su gibi değişken yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretilir. Bu kaynaklar, biyokütle, ısı pompaları ve jeotermal enerjiye ek olarak, çiftlik içi enerji talebinin büyüklüğüne bağlı olarak kısmen veya tamamen yeterli bir şekilde elektrik ve yakıt üretebilir. Son yıllarda, hayvan barınaklarının enerji verimliliğini ve sürdürülebilirliğini iyileştirmek için çok fazla araştırmalar yapılmaktadır. Bu araştırmalarda, hayvan barınakları, yalıtımı ve iklim sistemlerini iyileştiren gelişmeler değerlendirilmektedir.

RES, belirli koşullar ve enerji ihtiyaçları altında, hayvancılık sektöründe sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak giderek daha fazla ilgi görmektedir. İlk bakışta, tüm yenilenebilir enerji kaynaklarının her türlü çiftlikte verimli bir şekilde kullanılabileceği düşünülebilir. Bununla birlikte, bunların etkinliği, bir RES teknolojisinin veya bunların en uygun kombinasyonunun



ilgili hayvancılık çiftliğinin ihtiyaçlarını karşılayıp karşılayamayacağı sonucuna varmak için güvenle değerlendirilebilecek bir dizi faktörle ilişkilidir. Aşağıdaki faktörler belirleyicidir:

- Hayvancılık tesisinin konumu ve yönelimi
- Yerel çevre (iklim, yükseklik ve eğim, toprak suyu, zemin sıcaklığı, vb.)
- Çiftlik birimini oluşturan binaların özellikleri (bina yalıtımı, havalandırma fanlarının varlığı, vb.)
- Çiftliğin ihtiyaçları (örneğin, süt soğutma, havalandırma, hayvansal yan ürünlerin yönetimi, vb. için yüksek enerji yükleri) ve tüketim profili (günlük, mevsimsel)
- Kırsal alanlarda RES teknolojileri için planlama politikaları

Hayvancılık tesisinin konumu ve yönelimi çoğu durumda önemlidir. Çünkü hangi RES teknolojisinin ve çiftliğin hangi yerinde potansiyel olarak uygulanabileceğini belirleyebilir. Böylece verimliliği ve hayvancılık üretkenliğini artırabilir. Aynı şekilde, yerel iklim ve hayvancılık tesisinin inşaat yöntemi, hayvancılık binasının son enerji tüketiminde potansiyel olarak bir azalma sağlayabilecek önemli bir rol oynayabilir.

Özellikle ithal hayvan yemi olmak üzere, hayvan yemine olan bağımlılığın ve enerji yoğunluğunun azaltılması, genel enerji kullanımını önemli ölçüde azaltabilecektir. Yem pazarı daha yerel olarak üretilmeye doğru ilerlemelidir. Yüksek proteinli yem üretimi önemlidir. Ek olarak, çok sayıda çalışma, otla beslenen sığırların diğer yem türleriyle beslenenlere göre daha az enerji tükettiğini göstermiştir. Ancak, otla beslemeye geçmek önemli miktarda ekilebilir arazi ve tarımsal girdi gerektirecektir. Yemle ilişkili enerjinin önemli bir miktarı tahıl ve yağlı tohum üretimi için olduğundan, diğer hammaddelerin bulunması yemin enerji yoğunluğunu azaltabilir. Örneğin, EIP-AGRI (2020), hayvan yeminin çevresel ayak izini azaltacaktır. Domuz ve kümes hayvanı yetiştiriciliği için; unlu mamuller, yeşil biyokütle (çim/yonca), böcekler, mikro algler ve tek hücreli protein olmak üzere beş yeni yem seçeneği belirlenmiştir.

Hayvansal üretimde enerji kullanımı ile ilgili bazı önemli engeller ve sınırlamalar bulunmaktadır. Bunlar büyük ölçüde belirli hayvancılık kategorileri için büyük veri boşluklarından, hayvancılık ve tarım sistemlerinde enerji kullanımını hesaba katmak için çeşitli standartlaştırılmamış yöntemlerden, işlevsel birimlerin ve sistem sınırlarının seçimi, hayvansal üretim sistemlerinin çeşitliliği ve heterojenliğinden kaynaklanmaktadır. Bu bağlamda, hayvancılık sistemlerindeki enerji kullanımının daha kapsamlı ve doğru bir şekilde anlaşılması için, hayvancılık çiftliklerindeki enerji kullanımını ölçmek, değerlendirmek ve diğer çalışmalarla karşılaştırmak için standart bir yöntem ve terminoloji geliştirmek zorunludur. Bu durum, hayvancılık sistemlerindeki enerji kullanımı araştırmaları hakkında daha fazla araştırma yapmak için bir ön koşuldur.

Hayvancılık, diğer sektörlerle birlikte, sonunda RES ve yüksek verimli teknolojilere doğru ilerleyecektir. Bu kaçınılmaz geçişi tasarlarırken, enerji kullanımının ölçülme, hesaplanma ve/veya yaklaşık olarak hesaplanma biçimini ve sonuçların kime iletildiğini de dikkate almalıyız. LCA çalışmaları, hayvancılık sektöründeki Avrupa ve ulusal politikaları bir bütün olarak değerlendirmek için vazgeçilmez bir araç olarak kabul edilirken, çiftlik içi anketler, enerji denetimleri ve ölçümler birçok ülkede merkezi bir rol kazanmalıdır. Bu durum, araştırmacılara, mühendislere ve çiftçilere çiftlik içi enerji kullanımı hakkında daha somut bir öngörü sağlayacak ve çok ihtiyaç duyulan hedefli müdahalelerin başarılmasını sağlayacaktır.



Değişen bir hayvancılık sistemi bağlamında, hayvancılık sistemlerinin enerji kullanım profillerinin önümüzdeki yıllarda önemli ölçüde değişmesi beklenmektedir. Hayvan refahı perspektifinden, hayvancılık sektöründeki değişim ve gelişimin itici güçleri, yüksek yoğunluk ve hayvan yoğunluklarının ne sürdürülebilir ne de arzu edilir olduğu vurgulanmaktadır. Politika düzeyinde, giderek daha sıkı hale gelen emisyon ve sürdürülebilirlik hedefleri, hayvancılıkla ilgili emisyonları azaltma yönündeki COP26'daki son kararlarla birlikte, fosil enerji kaynaklarına olan bağımlılığı azaltan daha sürdürülebilir tarım uygulamalarına doğru hareketleri desteklemektedir. Bunu ve Yeşil Mutabakat, Çiftlikten Çatala stratejisi ve yeni ortak tarım politikası bağlamında, önümüzdeki yıllarda hayvancılık çiftçilerine fosil bağımlılıklarından uzaklaşmaları için önemli miktarda fon ve destek sağlanması beklenmektedir.

Bu bildiride, hayvancılık sistemlerinde enerji kullanımını araştıran çok sayıda çalışmadan elde edilen veriler incelenmiştir. Hayvancılık sistemlerindeki enerji kullanımında verimliliğin artırılması, ileriki yıllarda sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için müdahaleler geliştirme konusunda yardımcı olacaktır. Bu bölümde yer alan yaşam döngüsü değerlendirmelerinden elde edilen sonuçlar, enerji kullanımının yem, barınma ve gübre yönetiminde yoğunlaştığını göstermektedir. Çoğu sistemde hayvan yemi en önemli enerji kullanım kategorisidir. Belirli hayvancılık kategorileri açısından, incelenen çalışmalarda enerji kullanımı inek sütü için 2,1 ile 5,3 MJ/kg_{ECM}, süttten kesilmemiş inek-buzağı için 59,2 MJ/kg ve boğa için 43,73 MJ/kg, domuz için 15,9 MJ/kg ile 22,7 MJ/kg, piliç üretimi 9,6 MJ/kg ile 19,1 MJ/kg ve tavuk yumurtası için 20,5-23,5 MJ/kg arasında değişmektedir. Hayvansal üretimde enerji kullanımı fosil yakıtlara bağlıdır. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynaklarına geçilmesi ve enerji verimliliğinin artırılması gerekmektedir. Hayvancılık sistemlerindeki enerji kullanımını ölçmek için standart bir yöntemin geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Bu gereksinim hayvancılık sistemlerindeki fosil enerji kullanımını ve iklim değişikliğine katkısını azaltan müdahaleler geliştirmek için gerekli bir aşamadır.

Hayvansal üretimde enerji kullanımı yem, barınak ve gübre yönetiminde yoğunlaşmaktadır. Çoğu sistemde, hayvan yemi baskın enerji kullanım kategorisidir. Bu durum, hayvancılık sistemlerindeki enerji kullanımının eksik bildirildiğini, çünkü yemle ilişkili enerji kullanımının çoğunun çiftlik dışında gerçekleştiğini ve resmi tarım istatistiklerinde hayvancılık sektörüne atfedilmediğini göstermektedir. Hayvancılık sistemlerinde enerji kullanımını belirlemek için standart bir yöntem ihtiyacı vardır. Bu gereksinim, fosil enerji kullanımını ve hayvancılığın iklim değişikliğine katkısını azaltan müdahaleler geliştirmek için gerekli bir aşamadır. Ayrıca, diğer hayvancılık kategorileri ve enerji kullanımı ile tarımsal iklim koşulları ve çiftlik büyüklüğü arasındaki ilişkiler de dahil olmak üzere gelecekteki araştırmalar için çeşitli konular bulunmaktadır.

KAYNAKÇA

Benoit, M.; Laignel, G. Energy consumption in mixed crop-sheep farming systems: What factors of variation and how to decrease? *Animal* 2010, 4, 1597–1605.

Cabezas-Garcia, E.H.; Lowe, D.; Lively, F. Energy requirements of beef cattle: Current energy systems and factors influencing energy requirements for maintenance. *Animals* 2021, 11, 1642.



- Capper, J.L. Is the Grass Always Greener? Comparing the Environmental Impact of Conventional, Natural and Grass-Fed Beef Production Systems. *Animals* 2012, 2, 127–143.
- Cossu, M.; Ledda, L.; Solinas, S.; Cossu, A.; Pazzona, A. Evaluation of the Energy Utilization Index in Sheep Milk Cooling Systems. *Energies* 2020, 13, 2127.
- Costantino, A.; Calvet, S.; Fabrizio, E. Identification of energy-efficient solutions for broiler house envelopes through a primary energy approach. *J. Clean. Prod.* 2021, 312, 127639.
- Dekker, S.E.M.; de Boer, I.J.M.; Vermeij, I.; Aarnink, A.J.A.; Koerkamp, P.W.G.G. Ecological and economic evaluation of Dutch egg production systems. *Livest. Sci.* 2011, 139, 109–121.
- European Commission. EU + UK Feed Protein Balance Sheet; European Commission: Brussels, Belgium, 2020.
- Kanyarushoki, C.; Fuchs, F.; van der Werf, H. Environmental evaluation of cow and goat milk chains in France. In *Proceedings of the 6th International Conference on LCA in the Agri-Food Sector—Towards a Sustainable Management of the Food Chain*, Zurich, Switzerland, 12–14 November 2008; pp. 108–114.
- Leinonen, I.; Williams, A.G.; Wiseman, J.; Guy, J.; Kyriazakis, I. Predicting the environmental impacts of chicken systems in the united kingdom through a life cycle assessment: Egg production systems. *Poult. Sci.* 2012, 91, 26–40.
- Markou, G.; Balafoutis, T.; Mohamed, E.; Papadakis, G.; Michael, P.; Janssen, R. The Cyprus Energy Profile for the Animal Sector: Current Situation and Energy Saving Measures in Combination with RES; European Commission: Brussels, Belgium, 2017.
- McAuliffe, G.A.; Takahashi, T.; Orr, R.J.; Harris, P.; Lee, M.R.F. Distributions of emissions intensity for individual beef cattle reared on pasture-based production systems. *J. Clean. Prod.* 2018, 171, 1672–1680.
- Nguyen, T.L.T.; Hermansen, J.E.; Mogensen, L. Environmental consequences of different beef production systems in the EU. *J. Clean. Prod.* 2010, 18, 756–766.
- Paris, B.; Vadorou, F.; Tyris, D.; Balafoutis, A.T.; Vaiopoulos, K.; Kyriakarakos, G.; Manolakos, D.; Papadakis, G. Energy Use in the EU Livestock Sector: A Review Recommending Energy Efficiency Measures and Renewable Energy Sources Adoption. *Appl. Sci.* 2022, 12, 2142. <https://doi.org/10.3390/app12042142>
- Wallman, M.; Cederberg, C.; Sonesson, U. Life Cycle Assessment of Swedish Lamb Production Version 2; SIK: Goteborg, Sweden, 2011; ISBN 9789172903074.
- Watson, C.A.; Reckling, M.; Preissel, S.; Bachinger, J.; Bergkvist, G.; Kuhlman, T.; Lindström, K.; Nemecek, T.; Topp, C.F.E.; Vanhatalo, A.; et al. Grain Legume Production and Use in European Agricultural Systems. In *Advances in Agronomy*; Academic Press Inc.: Cambridge, MA, USA, 2017; Volume 144, pp. 235–303.
- Williams, A.G.; Audsley, E.; Sandars, D. Determining the Environmental Burdens and Resource Use in the Production of Agricultural Andhorticultural Commodities; Main Report Defra Research Project ISO205; DEFRA: Bedford, UK, 2006.