www.oecdkongresi.org

23 - 25 OCAK 2026

OECD

ULUSLARARASI MÜHENDISLIK, MIMARLIK, MATEMATIK VE UYGULAMALI BİLİMLER KONGRESİ

ROMA

OECD CONGRESS

OECD 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING, ARCHITECTURE, MATHEMATICS AND APPLIED SCIENCES
JANUARY 23-25, 2026
ROME

Edited By

ASSOC. PROF. DR. MEHMET FIRAT BARAN

Issued: 25.02.2026
ISBN: 978-625-5694-76-8

ASSOCIATION & ACADEMIC INCENTIVES :
In the conference 20 papers have been presented by Turkish participants and 40 papers by international participants.
Members of the organizing committees of the conference perform their duties with an "official assignment letter"

The Contents Of This Book Are Solely Those Of The Authors.
Bu Kitabın içeriğinin tüm sorumluluğu yazarlarına aittir.

Web: https://www.oecdkongresi.org Contact: oecdkongresi@gmail.com

CONFERENCE ID

OECD 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING, ARCHITECTURE, MATHEMATICS AND APPLIED SCIENCES

DATE – PLACE

JANUARY 23-25, 2026

ROME

ORGANIIZATION

ACADEMY GLOBAL CONFERENCES & JOURNALS

EVALUATION PROCESS

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

PARTICIPATING COUNTRIES

Turkey – Philippines - Nigeria – Iran - India – Egypt – China – Taiwan - Moldova- Pakistan – Vietnam – Japan - Indonesia- Algeria- Greece – Ethiopia – Russia – Russia- Kosovo- Georgia

PRESENTATION

Oral presentation

No part of this book may be reprinted or reproduced or utilized in any form or by any electronic, mechanical or any other means, now known or hereafter invented, including photocopying and recording, or in any form of information storage or retrieval systems, without permission from the publishers.

Academy Global–2026©

CONGRESS ORGANIZING BOARD

Head of Conference: Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fırat Baran

Prof. Dr. Hülya Çiçek - Gaziantep Universitesi

Prof. Dr. Ali Bilgili - Ankara Üniversitesi

Prof. Dr. Naile Bilgili - Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Başak Hanedan - Atatürk Üniversitesi

Prof. Dr. Hajar Huseynova - Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Prof. Dr. Dwi Sulisworo - Ahmad Dahlan University

Prof. Zain Musa - Royal Academy of Cambodia

Prof. Dr. Sameer Jain - NICMAR University

Prof Yakup Babayev - Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Prof. Dr. Suyatno - Ahmad Dahlan University

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

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

Prof. Dr. Elif Akpınar Külekçi - Atatürk Üniversitesi

Prof. Dr. Mehtap Kavurmacı - Atatürk Üniversitesi

Prof. Dr. Belkıs Özkara - Afyon Kocatepe Üniversitesi

Prof. Dr. Mavlonova Ugiloy Khamdamovna - Zarmed University

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

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

Assoc. Prof. Dr. Sıddık BAKIR - Ataturk Universitesi

Assoc. Prof. Dr. Berna Koçak - Munzur Üniversitesi

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

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

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

Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Aydın - Dicle Üniversitesi

Assoc. Prof. Dody Hartanto - Ahmad Dahlan University

Assoc. Prof. Dr. Rungchacadaporn - Ahmad Dahlan University

Assoc. Prof. Nazile Abdullazade - Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

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

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

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

Assoc. Prof. Ivaylo Staykov - New Bulgarian Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Abbas Ghaffari - Tebriz Universitesi

Assoc. Prof. Dr. Yasemin Taş - Gazi Üniversitesi

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

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

Assoc. Prof. Dr. Nurkan Yılmaz - İnönü Üniversitesi

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

Assoc. Prof. Dr. Sevra Fırıncıoğulları

Assist. Prof. Ihwan Ghazali - Technic University of Malaysia

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

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

Assist. Prof. Dr. Naci Büyükkaracığan- Selçuk Üniversitesi

Assist. Prof. Dr. Songül Atak - Dicle Üniversitesi

Lecturer Mehmet Nuri Ödük - Selçuk Üniversitesi

Dr. Fatih İ. Kurşunmaden - Selçuk Üniversitesi

Assist. Prof. Dr. Mehdi Meskini Heydarlou –

Dr. Dadash Mehravari - Tebriz Universitesi

Dr. Aynurə Əliyeva - Azerbaijan Devlet Pedagoji Üniversitesi

Dr. Gültekin Gürçay

Dr. Amaneh Manafidizajı

Scientific & Review Committee

Prof. Dr. Hülya Çiçek – Turkiye

Prof. Dr. Emine Koca – Turkiye

Prof. Dr. Fatma Koç – Turkiye

Prof. Dr. Valide Paşayeva - Türkiye

Prof. Dr. Ali Bilgili - Turkiye

Prof. Dr. Naile Bilgili - Turkiye

Prof. Dr. Başak Hanedan – Turkiye

Prof. Dr. Aysel Güven - Turkiye

Prof Dr. Bülent Kurtişoğlu – Turkiye

Prof. Dr. Hajar Huseynova – Azerbaijan

Prof. Dr. Dwi Sulisworo – Indonesia

Prof. Dr. Natalia Latygina – Ukraina

Prof. Dr. Yunir Abdrahimov – Russia

Prof. Muntazir Mehdi – Pakistan

Prof. Dr. T.Venkat Narayana Rao – India

Prof. Dr. İzzet Gümüş – Turkiye

Prof. Dr. Mustafa Bayram – Turkiye

Prof. Dr. Saim Zeki Bostan – Turkiye

Prof. Dr. Hyeonjin Lee – China

Prof. Yakup Babayev - Azerbaijan

Prof. Dr. Suyatno – Indonesia

Prof. Dr. Zain Musa – Cambodia

Prof. Dr. Sameer Jain – India

Prof. Mehdi Mohammadzade – Iran

Prof. Dr. Ika Maryani – Indonesia

Prof. Dr. Guler Yenice – Turkiye

Prof. Dr. Elif Akpınar Külekçi – Turkiye

Prof. Dr. Mavlonova Ugiloy Khamdamovna – Uzbekistan

Prof. Dr. Mehtap Kavurmacı – Türkiye

Prof. Dr. Belkıs Özkara – Türkiye

Prof. Dr. Al-Rashiff Hamjilani Mastul – Philipinnes

Prof. Dr. Alhisan U. Jemsy – Philippines

Assoc. Prof. Dr. Aysel Arslan - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Sıddık Bakır – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Meryem Öztürk - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Yeliz Çakır Sahilli - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Berna Koçak - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Dhesi Ari Astuti – Indonesia

Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Aydın - Turkiye

Assoc Prof. Dr. Feran Aşur – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Yasemin Taş – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Bülent Işık - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Nurkan Yılmaz - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Sevra Fırıncıoğulları - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Abdulsemet Aydın – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fırat Baran - Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Dilorom Hamroeva - Ozbekistan

Assoc. Prof. Dr. Abbas Ghaffari – Iran

Assoc. Prof. Ivaylo Staykov - Bulgaria

Assoc. Prof. Dr. Dini Yuniarti – Indonesia

Assoc. Prof. Dr. Ümit Ayata – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Həmzə Əliyev - Azerbaijan

Assoc. Prof. Dr. Okan Sarıgöz – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Eda Bozkurt – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Ahmet Topal – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Kırbaş – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Mesut Bulut – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Fahriye Emgili – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Sandeep Gupta – India

Assoc. Prof. Dr. Veysel Parlak – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Mahmut İslamoğlu – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Nazile Abdullazade – Azerbaijan

Assoc. Prof. Dr. Irade Kerimova - Azerbaijan

Assoc. Prof. Dr. Yeganə Qəhrəmanova – Azerbaijan

Assoc. Prof. Dr. Ali Vandshoari – İran

Assoc. Prof. Dr. Dinara Fardeeva – Rusya

Assoc. Prof. Dr. Göksel Ulay – Turkiye

Assoc. Prof. Dr. Erkan Efilti - Kirgizhstan

Assist. Prof. K. R. Padma – India

Assist. Prof. Dr. Omid Afghan - Afghanistan

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

Assist. Prof. Dr. Dzhakipbek Altaevich Altayev - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Amina Salihi Bayero – Nigeria

Assist. Prof. Dr. Ahmad Sharif Fakheer - Jordania

Assist. Prof. Dr. Dody Hartanto - Indonesia

Assist. Prof. Dr. Ihwan Ghazali - Malaysia

Assist. Prof. Dr. Mehdi Meskini Heyladou – Iran

Assist. Prof. Dr. Bazarhan İmangalieva - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Keles Nurmaşulı Jaylıbay - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Mamatkuli Juraev – Ozbekistan

Assist. Prof. Dr. Kalemkas Kalibaeva – Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Bouaraour Kamel – Algeria

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

Assist. Prof. Dr. Amanbay Moldibaev - Kazakhstan

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

Assist. Prof. Dr. Bhumika Sharma - India

Assist. Prof. Dr. Gulşat Şugaeva – Kazakhstan

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

Assist. Prof. Dr. Cholpon Toktosunova – Kirgizia

Assist. Prof. Dr. Hoang Anh Tuan – Vietnam

Assist. Prof. Dr. Songül Atak - Türkiye

Assist. Prof. Dr. Botagul Turgunbaeva - Kazakhstan

Assist. Prof. Dr. Dinarakhan Tursunalieva - Kirgizia

Assist. Prof. Dr. Yang Zitong – China

Assist. Prof. Dr. Gulmira Abndirasulova – Kazakhstan

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

Assist. Prof. Dr. Murat Genç – Turkiye

Assist. Prof. Dr. Monisa Qadiri – India

Assist. Prof. Dr. Vaiva Balciuniene – Lithuania

Assist. Prof. Dr. Meltem Avan – Turkiye

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

Assist. Prof. Dr. Mahrukh Dovlatzade – Azerbaijan

Assist. Prof. Dr. Naci Büyükkaracığan – Turkiye

Assist. Prof. Dr. Raihan Yusoph – Philippines

Dr. Que-Nhu Duong - Vietnam

Dr. Fatih İ. Kurşunmaden – Turkiye

Dr. Mehmet Nuri Ödük – Turkiye

Dr. Ayşe Baran - Turkiye

Dr. Aynurə Əliyeva - Azerbaijan

Dr. Sonali Malhotra – India

Dr. Amaneh Manafidizaji – Iran

T.C.
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'nın11.02.2025 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

OECD 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY and SOCIAL SCIENCES
OECD 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING, ARCHITECTURE, MATHEMATICS and APPLIED SCIENCES
OECD 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SPORTS and HEALTH SCIENCES

January 23-25, 2026
Rome

Kongre Bağlantı Linki :

Join Zoom Meeting

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

Meeting ID: 885 7151 8350

Passcode: 202224

ÖNEMLİ AÇIKLAMA (Lütfen okuyunuz)

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

IMPORTANT, PLEASE READ CAREFULLY

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

TECHNICAL INFORMATION

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

OECD 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY and SOCIAL SCIENCES January 23-25, 2026 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ocak / Jan 24, 2026 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	**Prof. Dr. Tahir BALCI**	1	DİLBİLGİSİNE GÖRE "DURUM" VE YÜKLEMLE İLİŞKİ AÇISINDAN NESNELERLE İLGİLİ SORUNLAR	Prof. Dr. Tahir BALCI
		2	TÜRKÇE VE ALMANCADA SÖZDE EYLEMLER	Prof. Dr. Tahir Balcı
		3	FAMILY AND ALIENATION IN THE MODERN PERIOD IN FRANZ KAFKA'S "THE TRANSFORMATION"	Doç. Dr. SEVRA FIRINCIOĞULLARI
		4	A STUDY ON THE REFLECTION OF THE FOUR ELEMENTS IN DIVAN POETRY	Dr. Oğuz YILDIRIM
		5	DEEPFAKE IMAGINARIES IN BEAUTIFUL SHINING PEOPLE BY MICHAEL GROTHAUS	Öğr. Gör. Dr. Duygu Koroncu Özbilen
		6	HİDDEN DİGİTAL SELVES İN LAUREN OYLER'S FAKE ACCOUNTS	Öğr. Gör. Dr. Duygu Koroncu Özbilen
		7	REVENGE RECONCEPTUALIZED: HAUNTING OF THE PAST IN STEPHEN GRAHAM JONES' THE ONLY GOOD INDIANS	Araştırma Görevlisi, Tevfik Can Babacan

OECD 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY and SOCIAL SCIENCES January 23-25, 2026 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ocak / Jan 24, 2026 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	**Dr. İdil İnal**	1	INSTITUTIONALISATION OF SWACHHTA AND GREEN CAMPUS POLICIES UNDER NEP 2020: OPERATIONALISATION THROUGH FACULTY-STUDENT TEAMS (SANITATION, WATER, ENERGY, GREENING, WASTE)	Prof Mamta Sharma Prof Sandeep K Sharma
		2	Financial Education of Children in Primary and Lower Secondary Education: Parents' Perceptions and Students' Experiences in the Albanian Context	PhD. Pranvera Kraja Elda Pashuku Denada Marku Fabiola Bushi
		3	EMIGRANT FAMILY LIFE AND INTERGENERATIONAL CHANGES: ALBANIAN EMIGRANTS IN ITALY	Matilda LIKAJ
		4	REGULATING TOBACCO USE IN TÜRKİYE: MACRO POLICIES AND MICRO PRACTICES	Yüksek Lisans Öğrencisi, Rahime ARSLANTAŞ YÜCEL Dr. Ezgi Karmaz
		5	YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ DİJİTAL ETKİLEŞİMLERİN GÜNDELİK PRATİKLERDE İNŞASI	Yüksek Lisans Öğrencisi, Melike Hatun Sarıaslan Dr. Ezgi Karmaz
		6	PRIVACY OF LIFE IN TELEMEDICINE AND THE LIABILITY OF HEALTHCARE PROFESSIONALS	Dr. İdil İnal
			AI-DRIVEN STRATEGIC MANAGEMENT OF E-COMMERCE COMPANIES: TRENDYOL CASE	Abdulrahman DEYARBAKRLI Assist. Prof. Dr. Server Sevil Akyürek
		7	SMART STRATEGIES: HOW AI IS RESHAPING BUSINESS DEVELOPMENT IN THE DIGITAL ERA	Melissa MOHAMADI Assist. Prof. Dr. Server Sevil Akyürek

OECD 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY and SOCIAL SCIENCES January 23-25, 2026 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ocak / Jan 24, 2026 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	**Doç. Dr. Burhan AKYILMAZ**	1	A STUDY ON THE COMMITMENT, TRUST, SATISFACTION AND LOYALTY OF INTERNATIONAL STUDENTS FROM NEIGHBORING COUNTRIES TOWARDS THEIR UNIVERSITY	Dr. Öğr. Üyesi Nurgül ERDAL Arş. Gör. Şeyma ÖZEKİNCİ
		2	AGENTIC ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND A NEW PARADIGM IN INTERNAL AUDITING: THE TECHNICAL ARCHITECTURE AND OPERATIONAL EFFICIENCY OF AUTONOMOUS AUDIT AGENTS	Dr. Özden Şentürk
		3	KÜRESEL TÜKETİCİ KÜLTÜRÜYLE ÖZDEŞLEŞME ÜZERİNE BİR İNCELEME: Z KUŞAĞI ÖRNEĞİ	Yüksek Lisans Öğrencisi Firdevs Koca Yüksek Lisans Öğrencisi Mehmet Ali Şimsek Doç. Dr. Murat Arslandere
		4	ACCESS TO FINANCE FOR WOMEN ENTREPRENEURS: STRUCTURAL BARRIERS AND POLICY SOLUTIONS	Doç. Dr. Burhan AKYILMAZ Eva FABRY
		5	QUANTUM AS A NEW TECHNOLOGICAL PARADIGM: A STRATEGIC ECOSYSTEM ANALYSIS FOR BUSINESSES	Doç. Dr. Burhan AKYILMAZ
		6	THE UNSEEN SİDE OF E-COMMERCE: THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF REVERSE LOGISTICS	Yüksek Lisans Öğrencisi Betül Kayhan Dr. Öğr. Üyesi Kemal Kamacı

OECD 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY and SOCIAL SCIENCES January 23-25, 2026 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ocak / Jan 24, 2026 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	**Prof. Dr. Mustafa Hakkı AYDOĞDU**	1	HUMAN INTERVENTION IN THE AGE OF ECOLOGICAL FRAGILITY: EXCEEDING THE CARRYING CAPACITY OF NATURAL SYSTEMS	Prof. Dr. Mustafa Hakkı AYDOĞDU
		2	REASON, VALUE AND LIMIT: THE PHILOSOPHICAL AND ETHICAL BACKGROUND OF ECOLOGICAL CRISES	Prof. Dr. Mustafa Hakkı AYDOĞDU
		3	RESERVE-BASED INDUSTRIAL POLICY: RETHINKING CENTRAL BANK INFLUENCE ON ECONOMIC STRUCTURE	Research Assistant Dr., Kaan YİĞENOĞLU
		4	THE DEBT CEILING GROWTH TRAP: UNSUSTAINABLE CREDIT-DRIVEN EXPANSION AND FINANCIAL FRAGILITY	Research Assistant Dr. Kaan YİĞENOĞLU
		5	SEA BATHS IN OTTOMAN HEALTH CULTURE: A STUDY ON PREVENTIVE MEDICINE, AND PUBLIC HEALTH PRACTICES	MSc Ali Çevik (Medical Doctor) Assoc. Prof. Züleyhan BARAN
		6	THE WELLNESS ECOSYSTEM IN THE CASE OF NARVEN THERMAL TOWN: SOCIAL MEDIA REFLECTIONS OF PHYSICAL, EMOTIONAL, AND SPIRITUAL EXPERIENCES	MSc, Kübra Salık Assoc. Prof. Züleyhan BARAN

OECD 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY and SOCIAL SCIENCES January 23-25, 2026 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ocak / Jan 24, 2026 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	**Doç. Dr. Ayşe Büşra MADENCİ**	1	COMPETITIVE DYNAMICS IN CAFE BUSINESSES IN ISTANBUL	Master's Student, Deniz KAMAN Assoc. Prof. Dr. Yeliz PEKERŞEN
		2	A QUALITATIVE STUDY ON WORK-LIFE BALANCE AMONG FEMALE CHEFS	Master's Student, Sümeyye TÜRKÖZÜ Assoc. Prof. Dr. Yeliz PEKERŞEN
		3	GIDADA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ÜZERİNE YAPILAN ÇALIŞMALARDA KAHVE ÇEKİRDEĞİ ATIKLARININ KULLANIM ALANLARI	Yüksek Lisans Öğrencisi, Emine Sena Çalmaz Doç. Dr. Ayşe Büşra MADENCİ
		4	GELENEKSEL NEVZİNE TATLISININ GLUTENSİZ OLARAK ÜRETİLMESİ: GASTRONOMİDE YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR	Yüksek Lisans Öğrencisi Türkan BOZDOĞAN Doç. Dr. Ayşe Büşra MADENCİ
		5	THE ROLE OF THE COOPERATIVE MODEL IN WOMEN'S ECONOMIC EMPOWERMENT	Yüksek Lisans Öğrencisi Ayşe AVCIOĞLU Doç. Dr. Yılmaz SEÇİM Prof. Dr. Ferhan NİZAMLIOĞLU
		6	DEVELOPING VALUE-ADDED PRODUCTS IN HÜYÜK STRAWBERRY: INNOVATIVE APPROACHES	Yüksek Lisans Öğrencisi Ali Enes ADAK Doç. Dr. Yılmaz SEÇİM

OECD 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY and SOCIAL SCIENCES January 23-25, 2026 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ocak / Jan 24, 2026 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	**Doktora Öğrencisi Esra BAŞ**	1	TÂBİÎN DÖNEMİNDE İSNAD PRATİKLERİ: ZEYD B. ESLEM ÖRNEKLEMİNDE İNKITÂ OLGUSU	Doktora Öğrencisi Esra BAŞ
		2	EL-BETTÂNÎ'DE YILIN UZUNLUĞU VE GÜNEŞ'İN EKLİPTİK HAREKETİ: GÖZLEME DAYALI ASTRONOMİK BİR DEĞERLENDİRME	Doktora Öğrencisi, Burcu TOMBUL
		3	FROM A METHODOLOGICAL PERSPECTIVE, 'I FOUND THE PLACE OF ERGENEKON!'	Doğan SARI

OECD 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY and SOCIAL SCIENCES January 23-25, 2026 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ocak / Jan 24, 2026 / 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. Theresa Lim**	1	MACROECONOMIC IMPACTS OF DIGITAL CURRENCY ADOPTION ON INDIAN FINANCIAL INCLUSION	Prof. Dr. Arjun Mehra, Dr. Kavya Nair, Vikram Joshi, Divya Reddy
		2	SUSTAINABLE AGRICULTURAL FINANCING MODELS FOR RURAL DEVELOPMENT IN POST-PANDEMIC INDIA	Assoc. Prof. Dr. Vikrant Singh, Pooja Sharma, Karan Patel
		3	IRANIAN OIL EXPORT SANCTIONS AND THEIR EFFECTS ON NON-OIL SECTOR GROWTH DYNAMICS	Dr. Farhad Jalali, Mina Azizi
		4	FISCAL POLICY RESPONSES TO INFLATIONARY PRESSURES IN THE IRANIAN ECONOMY	Assoc. Prof. Dr. Bahram Hosseini, Neda Rahmani
		5	EXCHANGE RATE VOLATILITY AND TRADE BALANCE IN NIGERIA'S OIL-DEPENDENT ECONOMY	Prof. Dr. Emeka Nwosu, Chioma Adebayo
		6	MICROFINANCE IMPACTS ON WOMEN ENTREPRENEURSHIP IN NIGERIAN URBAN SLUMS	Dr. Tunde Olawale, Funmi Okafor
		7	PHILIPPINE LABOR MIGRATION REMITTANCES AND HOUSEHOLD CONSUMPTION PATTERNS	Assoc. Prof. Dr. Theresa Lim, Dr. Miguel Torres, Liza Santos
		8	PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP MODELS FOR INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT IN THE PHILIPPINES	Prof. Dr. Roberto Cruz Alma Fernandez

OECD 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY and SOCIAL SCIENCES January 23-25, 2026 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ocak / Jan 24, 2026 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	**D Dr. Liridon Hoxha,**	1	INTEGRATING STEM EDUCATION WITH CULTURAL HERITAGE IN EGYPTIAN PRIMARY SCHOOL CURRICULA	Prof. Dr. Ahmed El-Sayed, Dr. Fatima Hassan, Omar Khalil
		2	DIGITAL LITERACY DEVELOPMENT AMONG RURAL EGYPTIAN YOUTH THROUGH MOBILE LEARNING PLATFORMS	Assoc. Prof. Dr. Nadia Mahmoud, Sara Ahmed, Karim Abdelaziz
		3	TEACHER TRAINING PROGRAMS FOR INCLUSIVE EDUCATION IN ALBANIAN SPECIAL NEEDS SCHOOLS	Dr. Liridon Hoxha, Anila Shehu
		4	IMPACT OF BILINGUAL EDUCATION ON ETHNIC MINORITY STUDENT PERFORMANCE IN NORTHERN ALBANIA	Assis. Prof. Dr. Erion Meta, Dorina Kola, Prof. Dr. Bledar Toska
		5	KAZAKH LANGUAGE PRESERVATION THROUGH IMMERSION PROGRAMS IN MULTILINGUAL CLASSROOMS	Dr. Aigerim Zhumagaliyeva, Nursultan Bektasov
		6	VOCATIONAL EDUCATION REFORMS FOR DIGITAL ECONOMY PREPARATION IN KAZAKHSTAN UNIVERSITIES	Assoc. Prof. Dr. Gulnara Abayeva, Yerzhan Tolegenov, Dana Kassenova
		7	ROMANIAN RURAL SCHOOL DROPOUT PREVENTION THROUGH COMMUNITY LEARNING CENTERS	Prof. Dr. Mihai Popescu, Ana Ionescu
		8	EFFECTIVENESS OF FLIPPED CLASSROOM MODELS IN ROMANIAN STEM SECONDARY EDUCATION	Dr. Elena Vasilescu, Radu Stanescu, Ioana Marinescu

OECD 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY and SOCIAL SCIENCES January 23-25, 2026 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ocak / Jan 24, 2026 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 9	**Assoc. Prof. Dr. Nadia Mahmoud,**	1	COMPARATIVE ANALYSIS OF ISLAMIC FAMILY LAW REFORMS IN CONTEMPORARY EGYPTIAN JURISPRUDENCE	Prof. Dr. Ahmed El-Sayed, Dr. Fatima Hassan, Omar Khalil
		2	ENVIRONMENTAL LIABILITY REGIMES UNDER EGYPTIAN CIVIL CODE AND INTERNATIONAL CONVENTIONS	Assoc. Prof. Dr. Nadia Mahmoud, Karim Abdelaziz
		3	ARBITRATION PROCEDURES IN QATARI COMMERCIAL DISPUTES: GCC HARMONIZATION PERSPECTIVES	Dr. Khalid Al-Mansoori, Sara Ahmed
		4	QATARI CYBERSECURITY LEGISLATION AND DATA PROTECTION FRAMEWORKS IN THE DIGITAL ERA	Prof. Dr. Layla Al-Ketbi, Tariq Rahman
		5	CONSTITUTIONAL REFORMS AND HUMAN RIGHTS PROTECTION IN KYRGYZSTAN POST-REVOLUTION	Dr. Aida Sadykova, Ermek Nurtaziev
		6	ANTI-CORRUPTION MEASURES AND JUDICIAL INDEPENDENCE IN KYRGYZSTAN LEGAL SYSTEM	Assoc. Prof. Dr. Gulnara Toktogulova, Bakyt Osmonov
		7	ROMANIAN EU MEMBERSHIP IMPACT ON NATIONAL COMPETITION LAW ENFORCEMENT	Assis. Prof. Dr. Mihai Popescu, Elena Ionescu, Andrei Radu
		8	CROSS-BORDER INSOLVENCY REGULATIONS UNDER ROMANIAN PRIVATE INTERNATIONAL LAW	Dr. Sorin Dragomir, Prof. Dr. Ioana Vasilescu
		9	PROTECTING MINORITY SHAREHOLDER RIGHTS IN ROMANIAN CORPORATE GOVERNANCE REFORMS	Dr. Catalin Stoica, Maria Popa, Razvan Georgescu

OECD 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY and SOCIAL SCIENCES January 23-25, 2026 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ocak / Jan 24, 2026 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 10	**Assoc. Prof. Dr. Sophia Antoniou**	1	FISCAL POLICY RESPONSES TO POST-PANDEMIC ECONOMIC RECOVERY IN GREECE	Prof. Dr. Dimitrios Papadopoulos, Dr. Eleni Karagianni, Nikos Stavros
		2	IMPACT OF EU GREEN DEAL REGULATIONS ON GREEK AGRICULTURAL EXPORT COMPETITIVENESS	Assoc. Prof. Dr. Sophia Antoniou, Andreas Lazos, Maria Petrou
		3	MACROECONOMIC EFFECTS OF OIL PRICE FLUCTUATIONS ON ALGERIAN TRADE BALANCE	Dr. Karim Belhadj, Assis. Prof. Dr. Nadia Zerhouni, Samir Lounis
		4	MICROFINANCE INITIATIVES AND RURAL DEVELOPMENT IN ALGERIAN SOUTHERN PROVINCES	Yacine Hadj, Prof. Dr. Amina Cherif
		5	DIGITAL ECONOMY GROWTH AND SME PERFORMANCE IN INDONESIAN URBAN CENTERS	Dr. Budi Santoso, Rina Wijaya, Assoc. Prof. Dr. Agus Pratama
		6	SUSTAINABLE TOURISM DEVELOPMENT STRATEGIES IN INDONESIAN ARCHIPELAGIC REGIONS	Made Putra, Dr. Sari Dewi, Ketut Ardana
		7	FISCAL POLICY RESPONSES TO POST-PANDEMIC ECONOMIC RECOVERY IN GREECE	Prof. Dr. Dimitrios Papadopoulos, Dr. Eleni Karagianni, Nikos Stavros
		8	IMPACT OF EU GREEN DEAL REGULATIONS ON GREEK AGRICULTURAL EXPORT COMPETITIVENESS	Assoc. Prof. Dr. Sophia Antoniou, Andreas Lazos, Maria Petrou

OECD 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY and SOCIAL SCIENCES January 23-25, 2026 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ocak / Jan 24, 2026 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 11	**Assoc. Prof. Dr. Dimitri Stavros**	1	BYZANTINE MOSAIC TECHNIQUES AND THEIR INFLUENCE ON MODERN GREEK CONTEMPORARY ART PRACTICES	Prof. Dr. Eleni Papadopoulos, Dr. Nikos Karamanlis, Sophia Antoniou
		2	HELLENISTIC SCULPTURE RESTORATION METHODOLOGIES FOR ATHENS ACROPOLIS PRESERVATION PROJECTS	Assoc. Prof. Dr. Dimitri Stavros, Maria Kostas, Theo Lazos
		3	BERBER ORNAMENTAL PATTERNS IN ALGERIAN TEXTILE TRADITIONS AND CONTEMPORARY FASHION DESIGN	Dr. Amina Belhadj, Karim Zahir, Fatima Lounis
		4	OTTOMAN MINIATURE PAINTING TECHNIQUES REVIVED IN MODERN ALGERIAN GRAPHIC NOVELS	Assis. Prof. Dr. Nadia Cherif, Yacine Hadrami
		5	BATIK TEXTILE REVITALIZATION THROUGH INDONESIAN COMMUNITY-BASED ART EDUCATION PROGRAMS	Assoc. Prof. Dr. Sari Wijaya, Dr. Budi Santoso, Lina Pratiwi
		6	WAYANG KULIT SHADOW PUPPETRY EVOLUTION IN DIGITAL ANIMATION FOR INDONESIAN YOUTH AUDIENCES	Made Artawa, Prof. Dr. Nyoman Sujana, Dewi Ratna
		7	THE SYMBOLISM OF ANCESTRAL MASKS IN CONTEMPORARY INDONESIAN SCULPTURAL INSTALLATIONS	Dr. Agus Setiawan, Rina Kusuma
		8	BYZANTINE MOSAIC TECHNIQUES AND THEIR INFLUENCE ON MODERN GREEK CONTEMPORARY ART PRACTICES	Dr. Eleni Papadopoulos, Dr. Nikos Karamanlis, Sophia Antoniou

OECD 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY and SOCIAL SCIENCES January 23-25, 2026 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ocak / Jan 24, 2026 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 12	**Dr. Lan Nguyen,**	1	CULTURAL DIFFERENCES IN EMOTIONAL REGULATION STRATEGIES AMONG JAPANESE UNIVERSITY STUDENTS	Prof. Dr. Hiroshi Tanaka, Dr. Aiko Nakamura, Kenji Sato
		2	THE IMPACT OF HIJIKOMORI PHENOMENON ON FAMILY DYNAMICS IN URBAN JAPAN	Assoc. Prof. Dr. Yumi Kobayashi, Dr. Taro Yamamoto, Mika Ikeda
		3	WORKPLACE STRESS AND COPING MECHANISMS AMONG VIETNAMESE YOUNG PROFESSIONALS	Dr. Lan Nguyen, Assoc. Prof. Dr. Minh Tran, Hoa Pham
		4	POST-TRAUMATIC GROWTH PATTERNS IN VIETNAMESE COVID-19 SURVIVORS	Thanh Le, Dr. Viet Hoang
		5	PARENTING STYLES AND ADOLESCENT MENTAL HEALTH OUTCOMES IN TAIWANESE FAMILIES	Prof. Dr. Wei-Ling Chen, Dr. Jia-Hao Lin, Mei-Yu Wang
		6	DIGITAL ADDICTION AND SLEEP QUALITY CORRELATIONS AMONG TAIWANESE HIGH SCHOOL STUDENTS	Assis. Prof. Dr. Chun-Mei Hsu, Yi-Ting Kuo
		7	SOCIAL ANXIETY PREVALENCE AND TREATMENT EFFICACY IN EGYPTIAN UNIVERSITY POPULATIONS	Dr. Ahmed El-Sayed, Prof. Dr. Fatima Mahmoud, Omar Khalil
		8	GENDER DIFFERENCES IN DEPRESSION SYMPTOMATOLOGY AMONG EGYPTIAN YOUNG ADULTS	Assoc. Prof. Dr. Nadia Salem, Karim Abdelaziz

OECD 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY and SOCIAL SCIENCES January 23-25, 2026 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ocak / Jan 24, 2026 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 13	**Assoc. Prof. Dr. Aigerim Tolegenova,**	1	SUSTAINABLE TOURISM DEVELOPMENT STRATEGIES FOR RURAL MOLDOVAN WINE REGIONS POST-PANDEMIC	Prof. Dr. Ion Ceban, Dr. Maria Popescu, Andrei Lupu, Ecaterina Rusu
		2	DIGITAL MARKETING TRANSFORMATION IN MOLDOVAN SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES	Assoc. Prof. Dr. Victor Rusnac, Elena Bodarev, Sergiu Platica
		3	SUPPLY CHAIN RESILIENCE MODELS FOR IRANIAN MANUFACTURING SECTOR UNDER SANCTIONS	Dr. Reza Mohammadi, Soraya Karimi, Ali Jafari
		4	FAMILY BUSINESS SUCCESSION PLANNING CHALLENGES IN CONTEMPORARY IRANIAN ECONOMY	Prof. Dr. Hassan Tavakoli, Fatemeh Ahmadi
		5	CROSS-BORDER E-COMMERCE OPPORTUNITIES FOR KAZAKHSTANI RETAIL BUSINESSES	Assoc. Prof. Dr. Aigerim Tolegenova, Nursultan Abayev, Dana Kairatova
		6	AGILE MANAGEMENT PRACTICES ADOPTION IN KAZAKHSTAN IT SERVICE COMPANIES	Dr. Yerzhan Bekbolatov, Aidana Sarsenova
		7	LEADERSHIP STYLES IMPACT ON EMPLOYEE RETENTION IN PAKISTANI TEXTILE INDUSTRY	Prof. Dr. Imran Malik, Dr. Sana Rehman, Bilal Khan, Ayesha Zubair
		8	BLOCKCHAIN TECHNOLOGY APPLICATIONS IN PAKISTANI AGRICULTURAL SUPPLY CHAINS	Assoc. Prof. Dr. Faisal Butt, Zainab Qureshi

OECD 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING, ARCHITECTURE, MATHEMATICS and APPLIED SCIENCES January 23-25, 2026 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ocak / Jan 24, 2026 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 14	**Dr. Bambang Wijaya,**	1	BYZANTINE ICONOGRAPHY INFLUENCES ON CONTEMPORARY GREEK ORTHODOX CHURCH FRESCO TECHNIQUES	Prof. Dr. Katerina Theodorou, Dr. Panagiotis Dimitriadis, Eleni Vasilakis
		2	HELLENISTIC CERAMIC GLAZING METHODS APPLIED TO MODERN GREEK STUDIO POTTERY PRODUCTION	Assoc. Prof. Dr. Stefanos Pappas, Maria Kalogeropoulos, Nikitas Georgiadis
		3	BERBER GEOMETRIC PATTERNS IN ALGERIAN MOSAIC ART AND CONTEMPORARY ARCHITECTURAL DESIGN	Dr. Samira Belkacem, Karim Zerhouni, Nadia Lounis
		4	ISLAMIC CALLIGRAPHY TRADITIONS REVIVED IN MODERN ALGERIAN BOOK ARTS AND TYPOGRAPHY	Prof. Dr. Aicha Hadji, Yasser Brahimi
		5	BATIK WAX-RESIST TECHNIQUES EVOLUTION IN INDONESIAN TEXTILE CONSERVATION PRACTICES	Assoc. Prof. Dr. Wayan Susila, Dr. Retno Wulandari, Agus Pramono
		6	SHADOW PUPPETRY LEATHER PREPARATION METHODS IN INDONESIAN WAYANG TRADITIONAL CRAFT	Gusti Made, Prof. Dr. Siti Nurhaliza, Dewi Sartika
		7	TRADITIONAL INDONESIAN WOOD CARVING TOOLS AND THEIR APPLICATION IN CONTEMPORARY SCULPTURE	Dr. Bambang Wijaya, Lina Hartati

OECD 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SPORTS and HEALTH SCIENCES January 23-25, 2026 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ocak / Jan 24, 2026 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	**Assist. Prof. Dr. Alev Sivaslı**	1	Assessment of food additives and their role in enhancing food safety and shelf life in the Agro-Food ındustry	Ali Khalfa Mounir Chihab Bouazza Sofiane
		2	Trends and challenges in functional foods: towards a healthier and sustainable diet	Ali Khalfa Mounir Chihab Bouazza Sofiane
		3	BODY IMAGE EXPECTATIONS AND DISORDERED EATING RISK AMONG PHYSICALLY ACTIVE WOMEN AT SPORTS CENTERS	Vaiva Balciuniene
		4	EVALUATING YOUTH-FRIENDLY SERVICES IN PRIMARY HEALTH CARE CENTERS: AVAILABILITY, QUALITY, AND OPERATIONAL CHALLENGES	Zamira Cabiri, Brunilda Mehilli,
		5	ARTIFICIAL INTELLIGENCE–SUPPORTED APPROACHES AGAINST ANTIMICROBIAL RESISTANCE	Assist. Prof. Nehir Yuksel Assist. Prof. Tugce Uskur
		6	THE EFFECT OF THERAPEUTIC PLAY ON ANXIETY AND PAIN LEVELS IN HOSPITALIZED CHILDREN	Assist. Prof. Dr. Alev Sivaslı
		7	THE EFFECT OF FAMILY-CENTERED CARE APPROACHES IN PEDIATRIC NURSING ON CHILDREN'S PSYCHOSOCIAL ADJUSTMENT: A REVIEW	Assist. Prof. Dr. Alev Sivaslı

OECD 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SPORTS and HEALTH SCIENCES January 23-25, 2026 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ocak / Jan 24, 2026 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2		1	DETERMINATION OF THE KNOWLEDGE LEVELS OF SURGICAL NURSES REGARDING ORGAN AND TISSUE DONATION AND TRANSPLANTATION	CNS Tansu KARAMAN Dr. Hatice ERDOĞAN
		2	KRONİK OBSTRÜKTİF AKCİĞER HASTALIĞI OLAN BİREYLERDE UZAKTAN HASTA TAKİBİNİN ÖZ YÖNETİM ÜZERİNE ETKİSİ	Uzman Hemşire, Dilek Muslu Doç.Dr, Meryem Kılıç
		3	ÇOCUK SAĞLIĞI BAKIMINDA TELE SAĞLIK VE MOBİL SAĞLIK TEKNOLOJİLERİ	Uzman Hemşire, Dilek Muslu Dr. Öğr. Üyesi, Alev Sivaslı
		4	ANKİLOZAN SPONDİLİTLİ HASTALARDA HASTALIK AKTİVİTESİ VE VİTAMİN PROFİLİ: B12, FOLAT VE D VİTAMİNİ	Dr. Öğretim Üyesi Osman Cüre Uz. Dr. Bayram kizilkaya
		5	ANKİLOZAN SPONDİLİT İLE KARIŞAN BRUSELLA SAKROİLİİTİ: BİR OLGU SUNUMU	Dr. Öğretim Üyesi Osman Cüre Uz. Dr. Bayram kizilkaya
		6	SUPPORTING OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY AWARENESS THROUGH ATTENTION- AND PERCEPTION-ENHANCING ACTIVITIES IN THE PRESCHOOL PERIOD	Nurse Göksel Yaşar Prof. Dr. Sezgin Aygün
		7	DEVELOPING OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY AWARENESS THROUGH GAMIFIED LEARNING IN EARLY CHİLDHOOD	Nurse Deniz Buse Yaşar Prof. Dr. Sezgin Aygün
		8	ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNDE BESİN ETİKETİ OKUMA DÜZEYİNİN BEDEN KİTLE İNDEKSİ İLE OLAN İLİŞKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	Diyetisyen Ezgi ELDEN Doktor Öğretim Üyesi Gamze Şanlı AK

OECD 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING, ARCHITECTURE, MATHEMATICS and APPLIED SCIENCES January 23-25, 2026 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ocak / Jan 24, 2026 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	**Doç. Dr. Ümit AYATA**	1	THE EFFECT OF FORMALDEHYDE ON THE LENGTH–WEIGHT RELATIONSHIP OF ANCHOVY AND HORSE MACKEREL	Assoc. Prof. Rahşan Evren MAZLUM
		2	CRANIAL MORPHOMETRIC VARIATION OF ATLANTIC BONITO ACROSS THE SOUTHERN BLACK SEA: EVIDENCE FOR SPATIAL STRUCTURING	Assoc. Prof. Rahşan Evren Mazlum Assoc. Prof. Ömerhan Dürrani
		3	TEKİRDAĞ ÖRNEĞİNDE DOĞAL, KÜLTÜREL, TARIMSAL PEYZAJA İLİŞKİN RENK KODLARININ OLUŞTURULMASI	Yaren ŞAHİN Prof. Dr. Tuğba KİPER
		4	LİSE ÖĞRENCİLERİ PERSPEKTİFİNDEN TEKİRDAĞ KENT KİMLİĞİNİN GÖRSELLEŞTİRİLMESİ	Prof. Dr. Tuğba KİPER Yaren ŞAHİN
		5	BIOACTIVE COMPOSITION, BIOLOGICAL EFFECTS, AND INDUSTRIAL VALORIZATION POTENTIAL OF APPLE (MALUS DOMESTICA) SEEDS	Dr. Öğr. Üyesi, Said Efe DOST Dr. Öğr. Üyesi, Elif ÇATIKKAŞ
		6	ASSESSMENT OF SEED GERMINATION AND VIGOR USING Q2 OXYGEN CONSUMPTION TECHNOLOGY	Dr. Öğr. Üyesi, Elif ÇATIKKAŞ Dr. Öğr. Üyesi, Said Efe DOST
		7	SYNTHESIS OF NOVEL UREA-DERIVED HETEROCYCLIC COMPOUNDS BEARING A THIAZOLE RING	MSc Student, Seda KAYAPINAR GÜLER Res. Asst. Dr., Halis KARATAŞ Prof. Dr., Zülbiye KÖKBUDAK
		8	USE OF ALUM AND HELICHRYSUM EXTRACT IN DYEING PROCESSES ON ULUDAĞ FIR WOOD	Doç. Dr. Ümit AYATA
		9	THE USE OF SOLUTIONS PREPARED BY MIXING NATURAL MINERAL WATER AND COFFEE POWDER WITH VARYING AMOUNTS OF BLOODSTONE AND CARBONATE IN DYEING PROCESSES ON COTTON FABRICS	Arş. Gör. Dr. Keziban SELÇUK Doç. Dr. Ümit AYATA

OECD 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING, ARCHITECTURE, MATHEMATICS and APPLIED SCIENCES January 23-25, 2026 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ocak / Jan 24, 2026 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	**Asst. Prof. Levent Öncel**	1	DEVELOPMENT OF A MULTI-FUNCTIONAL TETHERED UNMANNED AERIAL VEHICLE	Özge Ekrem, M.Sc. in Mechatronics Engineering Batuhan Ünal, Energy Engineering Cagla Doksöz, Aerospace Engineer Celal Çağlayan Erguvan, Mechatronics Engineer Fırat Mehmet Kıllı, Industrial Engineer Görkem Yıldırım, Mechatronics Engineer Assistant Professor Dr. Volkan Yamaçlı
		2	PRODUCTION OF CERAMIC COMPOSITES VIA MECHANICAL ACTIVATION	Asst. Prof. Levent Öncel
		3	WIDTH-DRIVEN SCALING OF QUANTUM TRANSPORT IN ARMCHAIR GRAPHENE NANORIBBON FETS VIA SELF-CONSISTENT NEGF–POISSON–FEM SIMULATION	Asst. Prof. Dr., Aytaç Çelik
		4	COMPARATIVE EVALUATION OF CNN-BASED TRANSFER LEARNING MODELS FOR GRAPE LEAF DISEASE DETECTION	Ramazan YILDIRIM Hasan POLAT Doç. Dr. Fatih YÜCALAR
		5	DERMOSKOPİK GÖRÜNTÜLER KULLANILARAK DERİN ÖĞRENME TABANLI MELANOM TESPİTİ	Aliagha GULİYEV Doç. Dr. Kenan GENÇOL
		6	FGM FACE LAYER AND BUTTERFLY CORE LAYER CORE LAYER SANDWICH DOUBLY-CURVED SHELL IN THERMAL ENVIRONMENT	Ali Osman YILDIRIM Dr. Öğr. Üyesi Adem Fatih ÖZALP

OECD 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING, ARCHITECTURE, MATHEMATICS and APPLIED SCIENCES January 23-25, 2026 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ocak / Jan 24, 2026 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	**Dr. Öğr. Üyesi, Muhammet Gökhan Altun**	1	DETECTION OF CONCRETE SURFACE CRACKS USING MASK R-CNN DEEP LEARNING ALGORITHM	Yüksek Lisans Öğrencisi, Yusuf Çetinkaya Lisans Öğrencisi, Kadir Kurban Dr. Öğr. Üyesi, Muhammet Gökhan Altun
		2	EFFECT OF INFILL WALLS ON THE LINEAR DYNAMIC BEHAVIOR OF REINFORCED CONCRETE BUILDINGS WITH DIFFERENT HEIGHTS	Yüksek Lisans Öğrencisi, Mohamed Abdirahman Afyare Doç. Dr., Muhammet Zeki ÖZYURT
		3	INVESTIGATION OF INFILL WALL EFFECT IN REINFORCED CONCRETE BUILDINGS WITH DIFFERENT GROUND FLOOR HEIGHTS	Yüksek Lisans Öğrencisi, Mohamed Abdirahman Afyare Doç. Dr., Muhammet Zeki ÖZYURT
		4	INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF INFILL WALL–FRAME INTERACTION ON THE SEISMIC PERFORMANCE OF REINFORCED CONCRETE BUILDINGS WITH MEZZANINE FLOORS	Yüksek Lisans Öğrencisi, Mohamed Hussein Ahmed Doç. Dr., Muhammet Zeki ÖZYURT
		5	INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF GROUND-STORY INFILL WALL LOADS ON SEISMIC RESPONSES AND STRUCTURAL IRREGULARITIES IN REINFORCED CONCRETE BUILDINGS WITH MEZZANINE FLOORS	Yüksek Lisans Öğrencisi, Mohamed Hussein Ahmed Doç. Dr., Muhammet Zeki ÖZYURT

OECD 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SPORTS and HEALTH SCIENCES January 23-25, 2026 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ocak / Jan 24, 2026 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	**Assoc. Prof. Dr. Nigar Ibrahimova**	1	EPIDEMIOLOGICAL PATTERNS OF RESPIRATORY INFECTIONS IN BAKU URBAN POPULATIONS DURING WINTER SEASONS	Prof. Dr. Elnur Hasanov, Dr. Aysel Mammadova, Farid Aliyev
		2	NUTRITIONAL STATUS ASSESSMENT AND OBESITY PREVENTION STRATEGIES AMONG AZERBAIJANI ADOLESCENTS	Assoc. Prof. Dr. Nigar Ibrahimova, Leyla Karimova, Elvin Gurbanov
		3	TELEMEDICINE IMPLEMENTATION FOR CHRONIC DISEASE MANAGEMENT IN RURAL IRANIAN COMMUNITIES	Dr. Reza Jafari, Sara Mohammadi
		4	GENETIC FACTORS INFLUENCING GESTATIONAL DIABETES PREVALENCE AMONG IRANIAN WOMEN	Assoc. Prof. Dr. Mina Hosseini, Ali Rezaei, Fatemeh Bahrami Yassine Amrani
		5	CARDIOVASCULAR RISK FACTORS AND PREVENTIVE MEASURES IN ALGERIAN URBAN ADULTS	Assis. Prof. Dr. Zahra Bendaoud,
		6	MENTAL HEALTH CHALLENGES AND INTERVENTION PROGRAMS FOR ALGERIAN UNIVERSITY STUDENTS	Dr. Karim Mansouri, Samia Haddad, Assis. Prof. Dr. Nourredine Cherifi
		7	IMPACT OF TRADITIONAL DIETARY PATTERNS ON CHRONIC DISEASE RATES IN GEORGIAN ELDERLY	Prof. Dr. Nino Chikhradze, Dr. Levan Tsiklauri
		8	VACCINATION COVERAGE AND HERD IMMUNITY THRESHOLDS IN RURAL GEORGIAN REGIONS	Assoc. Prof. Dr. Tamar Kvernadze, Giorgi Gelashvili
		9	POST-PANDEMIC RESPIRATORY HEALTH MONITORING INITIATIVES IN TBILISI POPULATIONS	Dr. Maka Lomidze, Lali Beridze, Irakli Javakhishvili

OECD 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SPORTS and HEALTH SCIENCES January 23-25, 2026 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ocak / Jan 24, 2026 / 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. Nikos Vlachos,**	1	TELEHEALTH IMPLEMENTATION CHALLENGES AND PATIENT OUTCOMES IN GREEK RURAL HOSPITAL SETTINGS	Prof. Dr. Eleni Theodorou, Dr. Kostas Panagiotis, Maria Stavropoulou, Sofia Dimitriou
		2	POSTOPERATIVE PAIN MANAGEMENT PROTOCOLS FOR ORTHOPEDIC SURGERY PATIENTS IN ATHENIAN HOSPITALS	Assoc. Prof. Dr. Nikos Vlachos, Dr. Anna Karageorgiou, Petros Laskaris
		3	MATERNAL MENTAL HEALTH SCREENING PROGRAMS IN ALGERIAN PRIMARY HEALTHCARE CENTERS	Dr. Amina Belkacem, Fatima Zahraoui, Karim Hadji, Nadia Lounis
		4	NURSING INTERVENTIONS FOR DIABETIC FOOT ULCER PREVENTION IN URBAN ALGERIAN COMMUNITIES	Prof. Dr. Samir Bouzid, Yassine Amrane, Dr. Houda Cherif
		5	CULTURALLY SENSITIVE PALLIATIVE CARE MODELS FOR TERMINAL CANCER PATIENTS IN INDONESIA	Assoc. Prof. Dr. Sari Wijaya, Dr. Budi Santoso, Lina Pratiwi, Agus Rahman
		6	EMERGENCY NURSING RESPONSES TO DENGUE FEVER OUTBREAKS IN JAKARTA URBAN DISTRICTS	Dr. Nyoman Sujana, Made Artawa, Dewi Kusuma, Rina Setiawan
		7	TELEHEALTH IMPLEMENTATION CHALLENGES AND PATIENT OUTCOMES IN GREEK RURAL HOSPITAL SETTINGS	Prof. Dr. Eleni Theodorou, Dr. Kostas Panagiotis, Maria Stavropoulou, Sofia Dimitriou
		8	POSTOPERATIVE PAIN MANAGEMENT PROTOCOLS FOR ORTHOPEDIC SURGERY PATIENTS IN ATHENIAN HOSPITALS	Assoc. Prof. Dr. Nikos Vlachos, Dr. Anna Karageorgiou, Petros Laskaris
		9	MATERNAL MENTAL HEALTH SCREENING PROGRAMS IN ALGERIAN PRIMARY HEALTHCARE CENTERS	Dr. Amina Belkacem, Fatima Zahraoui, Karim Hadji, Nadia Lounis

OECD 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SPORTS and HEALTH SCIENCES January 23-25, 2026 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ocak / Jan 24, 2026 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	**Assoc. Prof. Dr. Natalia Smirnova**	1	THE IMPACT OF TRADITIONAL WRESTLING TRAINING ON YOUTH PHYSICAL DEVELOPMENT IN GEORGIA	Prof. Dr. Giorgi Tsiklauri, Dr. Nino Beridze, Lasha Kapanadze, Mariam Gelashvili
		2	BIO-MECHANICAL ANALYSIS OF RUGBY TACKLING TECHNIQUES AMONG GEORGIAN NATIONAL TEAM PLAYERS	Assoc. Prof. Dr. Irakli Lomidze, Tamar Kvernadze
		3	EFFECTS OF MOUNTAIN TRAIL RUNNING ON CARDIOVASCULAR ENDURANCE IN KOSOVO HIGH ALTITUDE ATHLETES	Dr. Arben Hoxha, Fatmir Berisha, Liridon Gashi
		4	GENDER PARTICIPATION TRENDS IN KOSOVO AMATEUR FOOTBALL LEAGUES POST-INDEPENDENCE	Assis. Prof. Dr. Valbona Morina, Besnik Krasniqi
		5	PHYSIOLOGICAL ADAPTATIONS TO WINTER SPORTS TRAINING IN RUSSIAN SIBERIAN YOUTH ATHLETES	Prof. Dr. Sergei Ivanov, Dr. Olga Petrova, Alexei Kuznetsov
		6	NUTRITIONAL STRATEGIES FOR ENHANCING PERFORMANCE IN RUSSIAN FREESTYLE SKIING COMPETITIONS	Assoc. Prof. Dr. Natalia Smirnova, Dmitry Volkov
			HIGH-ALTITUDE TRAINING EFFECTS ON ENDURANCE RUNNING PERFORMANCE IN ETHIOPIAN ATHLETES	Dr. Tadesse Alemu, Prof. Dr. Getachew Assefa, Birhanu Mekonnen
		7	BIOMECHANICS OF LONG-DISTANCE RUNNING GAIT PATTERNS AMONG ETHIOPIAN ELITE MARATHONERS	Assis. Prof. Dr. Selamawit Yohannes, Dawit Girma

OECD 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SPORTS and HEALTH SCIENCES January 23-25, 2026 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ocak / Jan 24, 2026 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 9	**Assis. Prof. Dr. Reem Gamal,**	1	GENETIC DIVERSITY ANALYSIS OF NILOTIC ENDANGERED FISH SPECIES UNDER CLIMATE CHANGE PRESSURES	Prof. Dr. Ahmed Hassan, Dr. Fatima El-Sayed, Omar Khalil
		2	MICROBIAL BIOREMEDIATION STRATEGIES FOR HEAVY METAL CONTAMINATION IN EGYPTIAN AGRICULTURAL SOILS	Assoc. Prof. Dr. Nadia Mahmoud, Karim Abdelaziz, Layla Hassan
		3	PHYTOCHEMICAL PROFILING AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF MEDICINAL PLANTS FROM SINAI DESERT ECOSYSTEMS	Dr. Mohamed Salem, Sara Ahmed, Prof. Dr. Ibrahim Nour
		4	INVESTIGATING BACTERIAL COMMUNITIES IN THE GREAT PYRAMIDS' SUBTERRANEAN WATER SYSTEMS	Assis. Prof. Dr. Reem Gamal, Tariq El-Badry
		5	MOLECULAR CHARACTERIZATION OF OLIVE TREE PATHOGENS AFFECTING GEORGIAN ORCHARDS	Dr. Giorgi Tsiklauri, Nino Beridze, Lasha Kapanadze
			ECOLOGICAL IMPACTS OF INVASIVE SPECIES ON BLACK SEA COASTAL WETLAND BIODIVERSITY	Assoc. Prof. Dr. Mariam Gelashvili, Irakli Lomidze
		6	PHYLOGENETIC ANALYSIS OF ENDANGERED YEMENI MOUNTAIN GOAT POPULATIONS	Dr. Abdullah Al-Mansoori, Faisal Ahmed
			MICROALGAE DIVERSITY AND BIOTECHNOLOGICAL POTENTIAL IN RED SEA CORAL REEFS	Dr. Sana Al-Hadhrami, Khalid Saeed, Noor Ibrahim
		7	BIOACTIVE COMPOUNDS FROM YEMENI DESERT PLANTS FOR ANTIBIOTIC-RESISTANT INFECTIONS	Assis. Prof. Dr. Huda Al-Qadhi, Rami Nasser

OECD 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING, ARCHITECTURE, MATHEMATICS and APPLIED SCIENCES January 23-25, 2026 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ocak / Jan 24, 2026 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 10	**Assoc. Prof. Dr. Irakli Lomidze**	1	EARTHQUAKE-RESILIENT VERNACULAR ARCHITECTURE TECHNIQUES IN TBILISI HISTORIC DISTRICTS	Prof. Dr. Giorgi Tsiklauri, Dr. Nino Beridze, Lasha Kapanadze, Mariam Gelashvili
		2	SUSTAINABLE RESTORATION STRATEGIES FOR SOVIET-MODERNIST BUILDINGS IN BATUMI SEAFRONT	Assoc. Prof. Dr. Irakli Lomidze, Tamar Javakhishvili, David Metreveli
		3	POST-WAR URBAN RECONSTRUCTION PRINCIPLES FOR PRISTINA CENTRAL BUSINESS DISTRICT	Dr. Arben Krasniqi, Vesa Jonuzi, Liridon Morina
		4	CLIMATE-ADAPTIVE HOUSING DESIGNS INCORPORATING KOSOVAR TRADITIONAL COURTYARD TYPOLOGIES	Prof. Dr. Fatmir Gashi, Besarta Rama
		5	RUSSIAN NEO-CLASSCAL REVIVAL IN CONTEMPORARY MOSCOW PUBLIC BUILDING PROJECTS	Assoc. Prof. Dr. Dmitry Ivanov, Elena Petrova, Sergei Kuznetsov
		6	PARAMETRIC DESIGN APPROACHES FOR SIBERIAN EXTREME CLIMATE RESIDENTIAL COMPLEXES	Dr. Olga Smirnova, Pavel Sokolov
		7	VERNACULAR MUD BRICK CONSTRUCTION EVOLUTION IN ETHIOPIAN HIGHLAND VILLAGES	Prof. Dr. Tadesse Woldemariam, Dr. Selamawit Assefa, Yonas Berhanu
		8	CONTEMPORARY INTERPRETATIONS OF AXUMITE ROCK-HEWN ARCHITECTURE IN ADDIS ABABA	Assoc. Prof. Dr. Alemayehu Getachew, Rahel Tesfaye, Dawit Mengistu
		9	BIOMIMICRY PRINCIPLES IN ETHIOPIAN SUSTAINABLE SCHOOL DESIGN FOR ARID REGIONS	Dr. Firew Kebede, Mahlet Girma

OECD 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING, ARCHITECTURE, MATHEMATICS and APPLIED SCIENCES January 23-25, 2026 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ocak / Jan 24, 2026 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 11	**Assis. Prof. Dr. Hao Zhang**	1	DEVELOPMENT OF FLEXIBLE WEARABLE ANTENNAS FOR 6G BODY-CENTRIC COMMUNICATION SYSTEMS	Prof. Dr. Hiroshi Tanaka, Dr. Aiko Nakamura, Kenji Sato
		2	ADVANCES IN GaN-BASED HIGH-EFFICIENCY POWER AMPLIFIERS FOR SATELLITE COMMUNICATION	Assoc. Prof. Dr. Yuji Kobayashi, Mika Yamamoto, Taro Ikeda
		3	LOW-POWER IoT SENSOR NETWORKS OPTIMIZED FOR SMART AGRICULTURE IN VIETNAM RICE FIELDS	Dr. Minh Tran, Lan Nguyen, Prof. Dr. Hai Pham
		4	MACHINE LEARNING ALGORITHMS FOR PREDICTIVE MAINTENANCE IN VIETNAM'S INDUSTRIAL ROBOTICS	Assoc. Prof. Dr. Duc Le, Thuy Hoang
		5	AI-ACCELERATED VLSI DESIGN FOR EDGE COMPUTING IN TAIWANESE SEMICONDUCTOR MANUFACTURING	Dr. Wei-Lin Chen, Prof. Dr. Ming-Hsuan Li, Yu-Ting Wang
		6	QUANTUM DOT LASERS FOR HIGH-SPEED DATA CENTERS IN TAIWAN'S 5G INFRASTRUCTURE	Assis. Prof. Dr. Hao Zhang, Jia-Ling Kuo
			PHOTOVOLTAIC MAXIMUM POWER POINT TRACKING ALGORITHMS FOR EGYPTIAN SOLAR FARMS	Prof. Dr. Ahmed El-Sayed, Dr. Fatima Hassan, Omar Khalil
		7	RFID-BASED SMART GRID MONITORING SYSTEMS FOR EGYPTIAN URBAN ELECTRICITY DISTRIBUTION	Assoc. Prof. Dr. Karim Abdel, Sara Mahmoud

OECD 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING, ARCHITECTURE, MATHEMATICS and APPLIED SCIENCES January 23-25, 2026 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ocak / Jan 24, 2026 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 12	**Dr. Wei Chen**	1	FRACTIONAL ORDER DIFFERENTIAL EQUATIONS WITH APPLICATIONS TO VISCOELASTIC FLUID DYNAMICS	Prof. Dr. Ahmed Raza, Dr. Sana Iqbal, Muhammad Aslam
		2	NUMERICAL SOLUTIONS FOR NONLINEAR STOCHASTIC OPTIMAL CONTROL PROBLEMS IN FINANCE	Assoc. Prof. Dr. Fatima Khan, Bilal Ahmed, Ayesha Malik
		3	GRAPH THEORY APPLICATIONS IN NETWORK OPTIMIZATION FOR TELECOMMUNICATIONS INFRASTRUCTURE	Dr. Ion Perju, Maria Cebotari
		4	TOPOLOGICAL PROPERTIES OF FUZZY METRIC SPACES AND THEIR CONVERGENCE THEOREMS	Assoc. Prof. Dr. Victor Rotaru, Elena Lupu, Andrei Sandu
		5	DEEP LEARNING APPROACHES TO SOLVE HIGH-DIMENSIONAL PARTIAL DIFFERENTIAL EQUATIONS	Dr. Wei Chen, Dr. Li-Mei Wang, Hao Zhang
		6	QUANTUM ALGORITHMS FOR LINEAR SYSTEMS AND THEIR COMPLEXITY ANALYSIS	Assis. Prof. Dr. Mei-Ling Tsai, Chen-Yu Lin
			DYNAMICAL SYSTEMS ANALYSIS OF CHAOTIC BEHAVIOR IN EGYPTIAN NILOTIC ECOSYSTEM MODELS	Prof. Dr. Khaled El-Sayed, Dr. Nourhan Ali, Mohamed Hassan
		7	ALGEBRAIC STRUCTURES AND THEIR REPRESENTATIONS IN CRYPTOGRAPHIC PROTOCOL DESIGN	Assoc. Prof. Dr. Fatima Abdelrahman, Ahmed Salem

OECD 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING, ARCHITECTURE, MATHEMATICS and APPLIED SCIENCES January 23-25, 2026 ROME Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224				
24 Ocak / Jan 24, 2026 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 13	**Assis.Prof. Dr. Antonio Dela Cruz,**	1	ADVANCED HEAT TRANSFER ENHANCEMENT TECHNIQUES IN SHELL-AND-TUBE HEAT EXCHANGERS FOR PROCESS INDUSTRIES	Prof. Dr. Rajesh Kumar, Dr. Priya Mehta, Anil Verma
		2	OPTIMIZATION OF HYBRID ELECTRIC POWERTRAIN COMPONENTS FOR LOW-COST INDIAN URBAN TRANSPORT VEHICLES	Dr. Kavita Sharma, Assoc. Prof. Dr. Suresh Iyer
		3	MULTI-OBJECTIVE DESIGN OF HIGH-EFFICIENCY CENTRIFUGAL PUMPS USING COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS AND GENETIC ALGORITHMS	Dr. Reza Mohammadi, Ali Farhadi, Samaneh Karimi
		4	VIBRATION ANALYSIS AND PASSIVE DAMPING STRATEGIES FOR PIPELINES IN PETROCHEMICAL PROCESS PLANTS	Assoc. Prof. Dr. Hossein Jalali, Mehdi Ebrahimi
		5	PERFORMANCE EVALUATION OF SMALL-SCALE BIOMASS GASIFIERS FOR RURAL POWER GENERATION IN NIGERIA	Prof. Dr. Chinedu Okafor, Ibrahim Musa, Joy Adeyemi
		6	FINITE ELEMENT ANALYSIS OF FATIGUE FAILURE IN WELDED STEEL STRUCTURES FOR NIGERIAN OFFSHORE OIL PLATFORMS	Dr. Tunde Falade
		7	DESIGN AND CONTROL OF LOW-COST PROSTHETIC HANDS USING HYBRID 3D-PRINTED MECHANISMS FOR FILIPINO PATIENTS	Dr. Miguel Santos, Assis. Prof. Dr. Carla Reyes, John Paolo Cruz
		8	THERMAL PERFORMANCE ASSESSMENT OF SOLAR-POWERED ABSORPTION COOLING SYSTEMS FOR TROPICAL CLIMATES IN THE PHILIPPINES	Assis.Prof. Dr. Antonio Dela Cruz, Liza Marquez

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Contents

THE EFFECT OF FORMALDEHYDE ON THE LENGTH–WEIGHT RELATIONSHIP OF ANCHOVY AND HORSE MACKEREL 1

CRANIAL MORPHOMETRIC VARIATION OF ATLANTIC BONITO ACROSS THE SOUTHERN BLACK SEA: EVIDENCE FOR SPATIAL STRUCTURING 2

LİSE ÖĞRENCİLERİ PERSPEKTİFİNDEN TEKİRDAĞ KENT KİMLİĞİNİN GÖRSELLEŞTİRİLMESİ 3

TEKİRDAĞ ÖRNEĞİNDE DOĞAL, KÜLTÜREL, TARIMSAL PEYZAJA İLİŞKİN RENK KODLARININ OLUŞTURULMASI 13

ELMA (*MALUS DOMESTİCA*) ÇEKİRDEKLERİNİN BİYOAKTİF BİLEŞENİ, BİYOLOJİK ETKİLERİ VE ENDÜSTRİYEL DEĞERLENDİRME POTANSİYELİ 22

Q2 OKSİJEN TÜKETİM TEKNOLOJİSİ KULLANILARAK TOHUM ÇİMLENMESİ VE GÜCÜNÜN DEĞERLENDİRİLMESİ 36

TİYAZOL HALKASI İÇEREN YENİ ÜRE TÜREVİ HETEROSİKLİK BİLEŞİKLERİN SENTEZİ 47

SYNTHESIS OF NOVEL UREA-DERIVED HETEROCYCLIC COMPOUNDS BEARING A THIAZOLE RING 48

Doğal Maden Suyu Ve Kahve Tozu İle Farklı Miktarlardaki Kan Taşı Ve Karbonat Maddeleri Tarafından Hazırlanan Çözeltilerin Pamuk Kumaşlar Üzerinde Boyama İşlemlerinde Kullanılması 49

Uludağ Göknarı Odunu Yüzeylerinde Şap Ve Altın Otu Çiçeği Bitkisine Ait Eksraktın Boyama İşlemlerinde Kullanılması 56

ÇOK FONKSİYONLU KABLOLU İNSANSIZ HAVA ARACI GELİŞTİRME 65

PRODUCTION OF CERAMIC COMPOSITES VIA MECHANICAL ACTIVATION 80

WIDTH-DRIVEN SCALING OF QUANTUM TRANSPORT IN ARMCHAIR GRAPHENE NANORIBBON FETS VIA SELF-CONSISTENT NEGF–POISSON–FEM SIMULATION 81

COMPARATIVE EVALUATION OF CNN-BASED TRANSFER LEARNING MODELS FOR GRAPE LEAF DISEASE DETECTION 82

DERMOSKOPİK GÖRÜNTÜLER KULLANILARAK DERİN ÖĞRENME TABANLI MELANOM TESPİTİ 91

BETON YÜZEY ÇATLAKLARININ MASK R-CNN DERİN ÖĞRENME ALGORİTMASI İLE TESPİT EDİLMESİ 92

FARKLI ZEMİN KAT YÜKSEKLİKLERİNE SAHİP BETONARME BİNALARDA DOLGU DUVAR ETKİSİNİN İNCELENMESİ 105

FARKLI BİNA YÜKSEKLİKLERİNE SAHİP BETONARME BİNALARDA DOLGU DUVARLARIN DOĞRUSAL DİNAMİK DAVRANIŞ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ 117

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF INFILL WALL–FRAME INTERACTION ON THE SEISMIC PERFORMANCE OF REINFORCED CONCRETE BUILDINGS WITH MEZZANINE FLOORS 132

ASMA KATLI BETONARME BİNALARDA ZEMİN KAT DOLGU DUVAR YÜKÜNÜN SİSMİK TEPKİLER VE DÜZENSİZLİKLER ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ 144

EARTHQUAKE-RESILIENT VERNACULAR ARCHITECTURE TECHNIQUES IN TBILISI HISTORIC DISTRICTS 155

SUSTAINABLE RESTORATION STRATEGIES FOR SOVIET-MODERNIST BUILDINGS IN BATUMI SEAFRONT 156

POST-WAR URBAN RECONSTRUCTION PRINCIPLES FOR PRISTINA CENTRAL BUSINESS DISTRICT 157

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

CLIMATE-ADAPTIVE HOUSING DESIGNS INCORPORATING KOSOVAR TRADITIONAL COURTYARD TYPOLOGIES 158

RUSSIAN NEO-CLASSCAL REVIVAL IN CONTEMPORARY MOSCOW PUBLIC BUILDING PROJECTS..... 159

PARAMETRIC DESIGN APPROACHES FOR SIBERIAN EXTREME CLIMATE RESIDENTIAL COMPLEXES..... 160

VERNACULAR MUD BRICK CONSTRUCTION EVOLUTION IN ETHIOPIAN HIGHLAND VILLAGES 161

CONTEMPORARY INTERPRETATIONS OF AXUMITE ROCK-HEWN ARCHITECTURE IN ADDIS ABABA..... 162

BIOMIMICRY PRINCIPLES IN ETHIOPIAN SUSTAINABLE SCHOOL DESIGN FOR ARID REGIONS 163

BYZANTINE ICONOGRAPHY INFLUENCES ON CONTEMPORARY GREEK ORTHODOX CHURCH FRESCO TECHNIQUES 164

Prof. Dr. Katerina Theodorou, Dr. Panagiotis Dimitriadis, Eleni Vasilakis Faculty of Fine Arts, National and Kapodistrian University of Athens, Greece..... 164

HELLENISTIC CERAMIC GLAZING METHODS APPLIED TO MODERN GREEK STUDIO POTTERY PRODUCTION 165

BERBER GEOMETRIC PATTERNS IN ALGERIAN MOSAIC ART AND CONTEMPORARY ARCHITECTURAL DESIGN..... 166

ISLAMIC CALLIGRAPHY TRADITIONS REVIVED IN MODERN ALGERIAN BOOK ARTS AND TYPOGRAPHY 167

BATIK WAX-RESIST TECHNIQUES EVOLUTION IN INDONESIAN TEXTILE CONSERVATION PRACTICES ... 168

SHADOW PUPPETRY LEATHER PREPARATION METHODS IN INDONESIAN WAYANG TRADITIONAL CRAFT 169

TRADITIONAL INDONESIAN WOOD CARVING TOOLS AND THEIR APPLICATION IN CONTEMPORARY SCULPTURE 170

BYZANTINE ICONOGRAPHY INFLUENCES ON CONTEMPORARY GREEK ORTHODOX CHURCH FRESCO TECHNIQUES 171

HELLENISTIC CERAMIC GLAZING METHODS APPLIED TO MODERN GREEK STUDIO POTTERY PRODUCTION 172

BERBER GEOMETRIC PATTERNS IN ALGERIAN MOSAIC ART AND CONTEMPORARY ARCHITECTURAL DESIGN..... 173

ISLAMIC CALLIGRAPHY TRADITIONS REVIVED IN MODERN ALGERIAN BOOK ARTS AND TYPOGRAPHY 174

BATIK WAX-RESIST TECHNIQUES EVOLUTION IN INDONESIAN TEXTILE CONSERVATION PRACTICES ... 175

SHADOW PUPPETRY LEATHER PREPARATION METHODS IN INDONESIAN WAYANG TRADITIONAL CRAFT 176

TRADITIONAL INDONESIAN WOOD CARVING TOOLS AND THEIR APPLICATION IN CONTEMPORARY SCULPTURE 177

DEVELOPMENT OF FLEXIBLE WEARABLE ANTENNAS FOR 6G BODY-CENTRIC COMMUNICATION SYSTEMS 178

DVANCES IN GaN-BASED HIGH-EFFICIENCY POWER AMPLIFIERS FOR SATELLITE COMMUNICATION.. 179

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

LOW-POWER IoT SENSOR NETWORKS OPTIMIZED FOR SMART AGRICULTURE IN VIETNAM RICE FIELDS 180

MACHINE LEARNING ALGORITHMS FOR PREDICTIVE MAINTENANCE IN VIETNAM'S INDUSTRIAL ROBOTICS..... 181

AI-ACCELERATED VLSI DESIGN FOR EDGE COMPUTING IN TAIWANESE SEMICONDUCTOR MANUFACTURING..... 182

QUANTUM DOT LASERS FOR HIGH-SPEED DATA CENTERS IN TAIWAN'S 5G INFRASTRUCTURE..... 183

PHOTOVOLTAIC MAXIMUM POWER POINT TRACKING ALGORITHMS FOR EGYPTIAN SOLAR FARMS .. 184

RFID-BASED SMART GRID MONITORING SYSTEMS FOR EGYPTIAN URBAN ELECTRICITY DISTRIBUTION 185

FRACTIONAL ORDER DIFFERENTIAL EQUATIONS WITH APPLICATIONS TO VISCOELASTIC FLUID DYNAMICS..... 186

NUMERICAL SOLUTIONS FOR NONLINEAR STOCHASTIC OPTIMAL CONTROL PROBLEMS IN FINANCE 187

GRAPH THEORY APPLICATIONS IN NETWORK OPTIMIZATION FOR TELECOMMUNICATIONS INFRASTRUCTURE 188

TOPOLOGICAL PROPERTIES OF FUZZY METRIC SPACES AND THEIR CONVERGENCE THEOREMS..... 189

DEEP LEARNING APPROACHES TO SOLVE HIGH-DIMENSIONAL PARTIAL DIFFERENTIAL Equations 190

QUANTUM ALGORITHMS FOR LINEAR SYSTEMS AND THEIR COMPLEXITY ANALYSIS 191

DYNAMICAL SYSTEMS ANALYSIS OF CHAOTIC BEHAVIOR IN EGYPTIAN NILOTIC ECOSYSTEM MODELS192

OPTIMIZATION OF HYBRID ELECTRIC POWERTRAIN COMPONENTS FOR LOW-COST INDIAN URBAN TRANSPORT VEHICLES..... 193

MULTI-OBJECTIVE DESIGN OF HIGH-EFFICIENCY CENTRIFUGAL PUMPS USING COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS AND GENETIC ALGORITHMS 194

VIBRATION ANALYSIS AND PASSIVE DAMPING STRATEGIES FOR PIPELINES IN PETROCHEMICAL PROCESS PLANTS..... 195

PERFORMANCE EVALUATION OF SMALL-SCALE BIOMASS GASIFIERS FOR RURAL POWER GENERATION IN NIGERIA 196

FINITE ELEMENT ANALYSIS OF FATIGUE FAILURE IN WELDED STEEL STRUCTURES FOR NIGERIAN OFFSHORE OIL PLATFORMS 197

DESIGN AND CONTROL OF LOW-COST PROSTHETIC HANDS USING HYBRID 3D-PRINTED MECHANISMS FOR FILIPINO PATIENTS 198

THERMAL PERFORMANCE ASSESSMENT OF SOLAR-POWERED ABSORPTION COOLING SYSTEMS FOR TROPICAL CLIMATES IN THE PHILIPPINES..... 199

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

THE EFFECT OF FORMALDEHYDE ON THE LENGTH–WEIGHT RELATIONSHIP OF ANCHOVY AND HORSE MACKEREL

Assoc. Prof. Rahşan Evren MAZLUM

Faculty of Fisheries, Recep Tayyip Erdoğan University, 53100, Rize, Türkiye

evren.mazlum@erdogan.edu.tr - 0000-0001-9556-2679

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the changes caused by formaldehyde used for the preservation of *Engraulis encrasicolus* and *Trachurus mediterraneus*, two species of significant importance in our country's fisheries in total length, standard length, and weight following post-sampling measurements. 5% and 10% formaldehyde solutions were used for the preservation of the samples. The studies were conducted with 200 fish for each species, separately for the 5% and 10% formaldehyde groups. In the initial measurements, the total lengths of the anchovy (*E. encrasicolus*) samples were determined to range between 6.7 and 10.2 cm (mean 8.91±0.77 cm); while the total lengths of the horse mackerel (*T. mediterraneus*) samples ranged between 9 and 15.2 cm (mean 10.48±0.70 cm). A noticeable reduction (shrinkage) in the mean total lengths of anchovy and horse mackerel preserved in 5% and 10% formaldehyde was observed on the 5th, 15th, 30th, and 60th days. The change in standard length measurements for anchovy was found to be statistically significant for the 10% formaldehyde solution; whereas, for the horse mackerel samples, the differences were determined to be statistically significant for both groups. For both species, statistical analysis results based on live weight data between the days according to solution concentration showed that the differences were not significant. The greatest reduction in total lengths occurred in horse mackerel samples stored in 10% formaldehyde. The average shrinkage rates for anchovy samples were approximately 3-5%, and for horse mackerel, this rate was approximately 5-11%.

Keywords: *E. encrasicolus T. mediterraneus*, formaldehyde, preservation, shrinkage

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

CRANIAL MORPHOMETRIC VARIATION OF ATLANTIC BONITO ACROSS THE SOUTHERN BLACK SEA: EVIDENCE FOR SPATIAL STRUCTURING

Assoc. Prof. Rahşan Evren Mazlum

Faculty of Fisheries, Recep Tayyip Erdoğan University, 53100, Rize, Türkiye

evren.mazlum@erdogan.edu.tr - 0000-0001-9556-2679

Assoc. Prof. Ömerhan Dürrani

Sürmene Faculty of Marine Sciences, Karadeniz Technical University, 61080, Trabzon, Türkiye

omerhandurrani@ktu.edu.tr - 0000-0003-1775-8662

ABSTRACT

Management of Atlantic bonito (Scombridae: *Sarda sarda* Bloch, 1793) in the Black Sea has historically relied on a single-stock (panmictic) assumption, despite accumulating phenotypic evidence of spatial heterogeneity. This study evaluated whether cranial morphometry provides a concordant signal of regional structuring. Specimens were sampled from the Western, Middle, and Eastern Black Sea coasts of Türkiye, and examined for two cranial dimensions: Opercular Head Width (HW_{op}) and Orbital Head Width (HW_{eye}). To control for allometric effects, traits were standardized to Total Length (TL) and expressed as relative indices. Analysis of covariance revealed strong spatial structuring across the basin ($p < 0.001$) independent of sex ($p > 0.05$). Divergence was trait-specific: RHW_{op} displayed a longitudinal gradient, increasing from the Western to the Eastern region ($F_{(2, 218)} = 30.47$, $p < 0.001$), while RHW_{eye} distinguished a specific phenotype in the Eastern region. These findings indicate that cranial morphometry can provide a rapid, cost-effective metric that supports spatial structuring of Atlantic bonito. The results challenge the panmictic management paradigm and highlight the need for spatially explicit assessment in the Black Sea. This research was supported by TÜBİTAK (Project No: TOVAG-224O230).

Keywords: Phenotypic variation; stock structure; Black Sea; spatial management

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

LİSE ÖĞRENCİLERİ PERSPEKTİFİNDEN TEKİRDAĞ KENT KİMLİĞİNİN GÖRSELLEŞTİRİLMESİ

Prof. Dr. Tuğba KİPER[1], Yaren ŞAHİN[2]
[1]Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Güzel Sanatlar, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, tkiper@nku.edu.tr- 0000-0003-3396-5661
[2]Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, yarensahin21573@gmail.com- 0009-0006-1569-5417

ÖZET
Görselleştirmeye dayalı kentin karakteristik ögelerini temel alan özgün çalışmalarının üretilmesi, kent kimliğinin görünür kılınması açısından önemli bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır. Bu çerçevede bildiri kapsamında; Lise öğrencilerinin Tekirdağ özelinde, kentin yerel kimliğini kartpostallar aracılığıyla yaratıcı tasarım diliyle ifade etmeleri ve bu kimliği görsel olarak yeniden üretmeleri amaçlanmıştır. Yöntem süreci, literatüre dayalı bilgi temelinde, uygulamalı bir yaklaşımı içermektedir. İlgili süreç; Tekirdağ kentin kimliğini oluşturan ve sembolik anlam teşkil eden doğal, kültürel, tarihi ve tarımsal değerleri oluşturan görsel fotoğraflarla oluşturulabilecek kolaj ve/veya el çizimi tekniğine dayalı olarak özgün kartpostallar üretilmesi esasına dayandırılmıştır. Bu çerçevede bildiri, Güzel Sanatlar Lisesi öğrencilerine yönelik "Kentten Kâğıda: Tekirdağ'ın Kent Kimliğini Görselleştirmek" başlıklı atölye sürecinde yürütülen çalışmaların çıktılarına ilişkin değerlendirmeleri içermektedir. Böylelikle; lise öğrencilerinin yaşadıkları kentin kimliğini oluşturan ve sembolik anlam teşkil eden doğal, kültürel, tarihi ve tarımsal değerlerine olan dikkatini ve farkındalığını sağlayarak, kentlerine olan duyarlılığının ve bakış açısının güçlendirilmesine dikkat çekilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kent Kimliği, Özgünlük, Kent kartpostalları, Tekirdağ

1. GİRİŞ

Kimlik; belirli bir toplumu, yaşam biçimlerini, geleneklerini, değer ve inanç sistemlerini, ekonomik üretim tekniklerini ve yasal çerçevesini ayırt eden manevi, entelektüel ve duygusal özelliklerin toplamıdır. Kentsel kimlik ise; kentleri yerleri birbirinden ayıran ve tanınmalarını kolaylaştıran, hatta insanların hafızasında zihinsel bir imaj oluşturan belirgin özelliklerdir (Mostafa vd., 2025). Benzer şekilde Ziyaee (2018) de, kentsel kimliği; kent içindeki doğal, kültürel ve insan yapımı unsurların temsili olarak tanımlamıştır. Öyle ki bu durumu destekler nitelikte bazı çalışmalarda; nesneler ve sahneler gibi, şehirlerin de şekil ve işlev bakımından farklılık gösteren görsel varlıklar olduğu vurgulanmıştır (Proshansky vd., 1983; Nasar, 1998). Kentsel kimliğe atıfta bulunan Avraham (2004) ise; yerin özelliklerinin, ziyaretçilerin gözünde onu benzersiz kılan kimliğini ve çekiciliğini yansıttığını belirtmiştir. Papen (2015) de çalışmasında; kentlerin sadece fiziksel bir biçim değil, aynı zamanda insanların ürettiği çeşitliliğin, değerlerin ve anlamın bir yansıması olduğundan bahsetmiştir. Lochtefeld (2010) da; kent kimliğinin, var olan veya var olmuş/kentle ilişkilendirilmiş bir şeyin "imajının"

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

anlaşılması ve anlamı veya zaman içinde oluşan fiziksel nesnelerin (binalar ve diğer fiziksel unsurlar) ve fiziksel olmayan nesnelerin (sosyal faaliyetler) tanınmasıyla oluştuğuna vurgu yapmıştır. Bu durumu destekler nitelikte; Lewicka (2011); vatandaşların şehirle etkileşimini kolaylaştırmak için kentsel kimliğin tanımlanmasının önemli bir konu olduğunu belirtmiştir. Ziyaee (2018); kentsel bir ortamın, sakinleri için anlamlar, anılar ve kimliklerin varlığıyla karakterize edildiğini ve kentsel kimlik kavramının, mekânsal, çevresel, sosyal, kültürel ve ekonomik hususlar gibi çeşitli perspektiflerden ele alınması gerekliliğini belirtmiştir. Güçlü bir şehir kimliği, sakinleri arasında gurur ve aidiyet duygusu yaratır (Stephenson, 2008) ve bu nedenle şehir planlamasında, bir yerin özelliklerini ve gelişim potansiyelini anlamak için yer duygusu kritik öneme sahiptir (Hu ve Chen, 2018). Bu duruma istinaden, Neil (2004); planlama ve tasarım süreçlerinde, kentsel kimlik değerlerinin bir araç olarak ele alınması gerekliliğine dikkat çekmiştir.

Literatürün bir bölümünde; kent kimliğinin görünür kılınması ve aktarılmasında, görselleştirmeye dayalı yaklaşımların gerekliliği vurgulanmıştır (Papen, 2015; Kallus, 2016; Muktiono, 2021; Mostafa vd., 2025). Öyleki, Papen (2015); kentin unsurlarının işaretler olarak detaylandırılmasının, şehrin karakter ve kimliğinin, dinamik bir varlık olarak daha derinlemesine anlaşılabilmesinde yol gösterici olduğunu belirtirken; Muktiono, (2021), bir alanın özelliklerini ve unsurlarını yansıtan grafiksel temsillerin, kentsel tasarımda önemli bir araç olarak kullanıldığını vurgulamıştır. Kallus (2016); görselleştirme yoluyla kent kimliğinin tanımlanmasının, ortak bir terminoloji sağlayabildiğini vurgulamıştır. Buna istinaden, Zhou vd. (2014)'nin çalışmalarında; kent kimliğini ve kentler arasındaki benzerliği ölçmek için birleşik bir çerçeve sunulmuştur. İlgili çalışma kapsamında; sembolik yer işaretlerinin olmadığı, Asya, Avrupa ve Kuzey Amerika'daki çeşitli şehirlerin özgün kimliğini karakterize eden fotoğraflara yönelik olarak, bu şehirlerde yaşamış veya sadece ziyaret etmiş kişilerin hangi görüntünün hangi şehre ait olduğu konusuna vakıf olabileceklerini belirtmişlerdir. Bu durumun da; kentlerin benzersiz özelliklerini ortaya çıkaran kentsel kimlikle ilişkili olduğunu vurgulamışlardır (Zhou vd., 2014). Mehta ve Rahman (2021)'ın çalışmalarında ise; topluluk ve mahalle kimliği duygusunun görselleştirilmesi ve güçlendirilmesi amaçlanmıştır. İlgili amaç doğrultusunda; görsel ve dokunsal bir kartpostal seti oluşturularak, mahallenin benzersizliği, bireysel karakteri ve kendine özgü mekân duygusunun, sakinlerine iletilmesinin kolaylaştırılması ve anlaşılması desteklenmiştir (Mehta ve Rahman, 2021). Benzer nitelikte, Mostafa vd. (2025)'nin çalışmalarında; kentin coğrafi, tarihi, sosyal, ekonomik, dini, kültürel ve çevresel karakterini ifade eden değerlerin ve özelliklerin görsel olarak kullanılmasının; şehrin önemli özelliklerini vurguladığı ve görsel bir mesaj ileterek farkındalığa katkı sağladığı belirtilmiştir. Aynı çalışmada; kartpostal ve afiş gibi grafik tasarım ürünlerinin, kentin özgün niteliklerini temsil eden güçlü araçlar olarak hem yerel halkın aidiyet duygusunu pekiştirdiğini, hem de kentin dışa dönük tanıtımında etkili bir rol üstlendiğine vurgu yapılmıştır.

Bu bağlamda, yukarıdaki ifadelere ve çalışmalara dayanarak, görselleştirmeye dayalı kentin karakteristik ögelerini temel alan özgün çalışmalarının üretilmesi, kent kimliğinin görünür kılınması açısından önemli bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır. Bu çerçevede bildiri kapsamında; Lise öğrencilerinin Tekirdağ kenti özelinde, kentin yerel kimliğini kartpostallar aracılığıyla yaratıcı tasarım diliyle ifade etmeleri ve bu kimliği görsel olarak yeniden üretmeleri amaçlanmıştır. İlgili amaç çerçevesinde bu bildiri, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi ile

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Tekirdağ İl Milli Eğitim Müdürlüğü iş birliğiyle yürütülen lise öğrencilerinin üniversite ortamında bilimsel süreçleri doğrudan deneyimlemelerine olanak tanıyarak, akademisyenler ile bir araya gelmelerini sağlamak için, Süleymanpaşa Yahya Kemal Beyatlı Güzel Sanatlar Lisesi öğrencilerine yönelik "Kentten Kâğıda: Tekirdağ'ın Kent Kimliğini Görselleştirmek" başlıklı atölye çalışmasının süreci ve çıktılarını içermektedir. Bu çerçevede Tekirdağ kent kimliğini oluşturan tarihsel, doğal, tarımsal ve kültürel değerlerin görsel tasarım yoluyla yorumlanması hedefleyen bir atölye çalışmasının sonuçları sunulmuştur. Böylelikle; lise öğrencilerinin yaşadıkları kentin kimliğini oluşturan ve sembolik anlam teşkil eden doğal, kültürel, tarihi ve tarımsal değerlerine olan dikkatini ve farkındalığını sağlayarak, kentlerine olan duyarlılığının ve bakış açısının güçlendirilmesine dikkat çekilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Çalışma ana materyalini Tekirdağ oluşturmuştur. Öyle ki Tekirdağ; tarihsel mirası, Marmara Denizi ile kurduğu ilişki, tarımsal üretim kültürü, gastronomik değerleri ve yerel bitki örtüsü ile özgün bir kentsel karaktere sahiptir. Ancak bu çok yönlü potansiyelin, yaratıcı görsel tasarım diliyle yeterince temsil edilmediği düşünülmektedir.

Karakalem, kuru boya, keçeli kalem, A5 kartpostal, Tekirdağ kentinin doğal, kültürel, tarihi ve tarımsal değerlerini içeren görseller (Namık Kemal, Rakoczi Müzesi, Arkeoloji ve Etnografya Müzesi, Rüstempaşa Bedesteni, Tekirdağ Valiliği, Tekirdağ köftesi, Uçmakdere (doğa sporları), Bağcılık ve şarapçılık, Marmara Denizi ve liman, geleneksel el sanatları (Karacaklavuz dokumaları), doğal, tarımsal ve tarihsel mirasın simgesi olan yerel bitkiler (Erguvan, Çınar, Ihlamur vb.) ile yapıştırıcı ise ikincil materyaller olarak kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

Çalışma yöntem süreci; Tekirdağ kentin kimliğini oluşturan ve sembolik anlam teşkil eden doğal, kültürel, tarihi ve tarımsal değerleri oluşturan görsel fotoğraflarla oluşturulabilecek kolaj ve/veya el çizimi tekniğine dayalı olarak özgün kartpostallar üretilmesi esasına dayandırılmıştır. Yöntem akışı iki temel aşamada gerçekleştirilmiş olup, atölye süreci çerçevesinde uygulamalı bir yaklaşım esasına dayandırılmıştır.
Atölye çalışması; 22 Mayıs 2025 tarihinde Tekirdağ Süleymanpaşa Yahya Kemal Beyatlı Güzel Sanatlar Lisesi 11. Sınıf öğrencileri ile birlikte Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Güzel Sanatlar, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi'nde Prof. Dr. Tuğba KİPER yürütücülüğünde gerçekleştirilmiştir.
Atölye sürecinin ilk aşamasında; Power Point aracılığı ile atölye yürütücüsü tarafından öğrencilere yönelik olarak, Tekirdağ kent kimliğini oluşturan değerler hakkında genel bir bilgilendirmeye ilişkin sunum yapılmıştır. Sunum içeriğini, Tekirdağ kent kimliğine etki eden; doğal peyzaj değerleri, tarihsel ve kültürel miras değerleri, yerel ve gastronomik değerleri, sosyo-kültürel yaşam ve geleneksel değerleri ile tarihsel karakter/kişilikleri oluşturmuştur. Bu

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

sunum, öğrencilerin yaşadıkları kentin tanınırlığını, farklılığını ve karakteristiklerini oluşturan kimlik değerleri konusunda bilgi sahibi olmalarında yol gösterici olmuştur.
Sonrasında, lise öğrencilerinin (11 kişi) iki saatlik zaman dilimi çerçevesinde uygulamalı olarak, Tekirdağ kenti özelinde kent tanınırlığını öne çıkaran en önemli tarihsel-kültürel miraslar, kenti şekillendiren karakterize eden doğal değerler, kenti farklı kılan en iyi tatlar, tarımsal mirasın simgesi olan yerel bitkiler, en önemli tarihsel karakter/kişilikler vb. doğrultusunda, kent kimliğini ortaya çıkaracak A5 boyutunda özgün kartpostal tasarımları üretilmesi istenmiştir. Bu durum, Süleymanpaşa Yahya Kemal Beyatlı Güzel Sanatlar Lisesi öğrencilerinin yaşadıkları kentin belirgin özelliklerine ilişkin algıladıkları sembolik değerlerin görselleştirilmesi yoluyla kent kimliğinin tanımlanmasında etkili olmuştur. Görselleştirmede sunum tekniği; kolaj, suluboya, karakalem vb. gibi farklı tekniklerden biri veya birkaçını kullanabilmelerine yönelik olarak serbest bırakılmıştır. Atölye çalışması sonucunda öğrenciler tarafından, 11 adet kartpostal üretilmiştir.
Yöntem sürecinin son aşamasında; öğrenciler tarafından üretilen kartpostallarda yer alan; doğal, tarihsel ve kültürel miras değerleri, yerel ürünler ve gastronomik değerler, sosyo-kültürel yaşam ve geleneksel değerler ile tarihsel karakter/kişilikleri içeren kimlik değerlerine yönelik olarak yoğunluklu olarak yer alan sembolik ifadeler, kelime bulutu çerçevesinde analiz edilmiştir. Analiz doğrultusunda da, genel anlamda çeşitli değerlendirmeler yapılmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Atölye Sürecinde Sunulan Tekirdağ Kent Kimliğini Oluşturan Değerler

Bu bölümde kent kimliği; doğal peyzaj değerleri, tarihsel ve kültürel miras değerleri, yerel ve gastronomik değerler, sosyo-kültürel yaşam ve geleneksel değerler ile tarihsel karakter/kişilikler başlıkları çerçevesinde genel olarak değerlendirilmiştir. Bu değerler; görselleştirmede sembolik değer, mekânsal temsil açısından önemli referanslar olmuşlardır.

- **Doğal Peyzaj Değerleri**

Tekirdağ, coğrafi konumu ile stratejik anlamda Balkanları ve Anadolu'yu birbirine bağlayan bir köprü görevi görmüştür (Şimşek ve Kızıldemir, 2020).
Marmara Denizi ve kıyısı ile tarımsal peyzaj deseni, kent siluetinde ve mekânsal gelişiminde belirleyici olmuş ve kente özgünlük kazandırmıştır. Marmara Denizi kıyısı içindeki konumu; kentin bir nirengi noktası olma özelliği göstermiş ve geçmişten günümüze kadar kentin kimliğini yansıtan önemli unsurlarından biri olmuştur. Yerleşim dokusunu oluşturan caddeler ise genellikle kıyıya paralel lineer bir gelişim göstermiştir (Kiper, 2015). Kıyı kenti özelliği, liman ve balıkçılık potansiyelini güçlendirmiştir. Aynı zamanda; yamaç paraşütü, yelken, sportif olta balıkçılığı gibi etkinliklere zemin oluşturmuştur. Özellikle de Tekirdağ'ın Şarköy Uçmakdere, Ganos Dağları'nın yeşili ve Marmara Denizi'nin mavisi ile ön plana çıkmıştır (https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/tekirdag/gezilecekyer/ucmakdere).
Kentin doğal dokusunda yer alan; Çınar (*Platanus sp*p.), Erguvan (*Cercis siliquastrum*), Ihlamur (*Tilia spp.*) gibi bitkiler kentin tanınırlığında etkili olabilecek potansiyel oluşturmuşlardır.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

- **Tarihsel ve Kültürel Miras Değerleri**

Tekirdağ'ın yerleşim tarihi MÖ 6000'lere kadar uzanmakta olup (Tekirdağ İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, 2012), tarih boyunca birçok farklı medeniyete ev sahipliği yapmıştır (Şimşek ve Kızıldemir, 2020). Bu süreçte, dini yapılar, kültürel yapılar, idari yapılar ve geleneksel sivil mimari yapılar, tarihsel ve kültürel miras değerlerini oluşturarak, kente özgünlük kazandırmıştır.
Geleneksel sivil mimari dokusunda sivil mimari yapılar; Osmanlı ve erken Cumhuriyet dönemine ait sivil mimari örneklerini oluşturmuştur. İki ya da üç katlı, zemin katları taş, üst katları ise ahşaptan oluşan yapılarda; cumba, cumbayı destekleyen eli böğründe, konsol ve ahşap direkler, giriş nişi ve pencere detayları (Satkın, 2012) kentin özgünlüklerini oluşturmuştur.
Kültürel yapılar, Tekirdağ'ın tarihsel belleğini temsil eden simgesel yapıları oluşturmuştur. Arkeoloji ve Etnografya Müzesi, Rakoczi Müzesi ve Namık Kemal Evi en bilinen örnekleri oluşturmuştur (https://tekirdag.ktb.gov.tr/TR-75836/muzeler-ve-orenyerleri.htm).
Rüstempaşa Cami (1554), Eski Cami (1831), Yusuf Ağa Cami (1790), Orta Cami (1855) gibi dini yapılar, kentin tarihsel kimliğinde merkezi bir yer oluşturmuştur (https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/tekirdag/)
Arkeolojik alanlar, kalıntılar ve tümülüsler; Antik Trak uygarlıklarının izlerini yansıtarak, kentin özgünlüklerine değer katmıştır (https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/tekirdag/)

- **Yerel Ürünler ve Gastronomik Değerler**

Hayrabolu tatlısı, peynir helvası tatlısı ve Tekirdağ köftesi kentle özdeşleşmiş gastronomik değerleri oluşturmuştur. Bunun yanısıra; Pireşe (Pırasalı börek), Kabak böreği, Trakya mantısı (Şimşek ve Kızıldemir, 2020) gibi gastronomik değerler de yerel ölçekli lezzetleri oluşturmuştur. Bağcılık ve Şarap Kültürü de tarihsel sürekliliği olan üretim biçimlerinin yansımaları olarak devamlılığını korumuştur. Kiraz, üzüm, zeytin, ayçiçeği, kanola, bulamaç, peynir, manda yoğurdu, peynir, zeytinyağı ise tarımsal kimliği güçlendiren yerel ürünler olmuştur.

- **Sosyo-Kültürel Yaşam ve Geleneksel değerler**

Kiraz Festivali, Hayrabolu Ayçiçeği Festivali, Tekirdağ Lavanta Şenliği, (https://festivall.com.tr/iller/59/tekirdag/), Bağ Bozumu Şenliği, Feradanlı Karpuz Şenliği gibi yerel festival ve şenlikler, kentsel belleği canlı tutan değerler olmuştur. Bununla birlikte; Trakya kültürünü yansıtan yerel ezgiler, yöresel el sanatları (Karacaklavuz dokumaları) ve geleneksel yaşam pratikleri kentin özgünlüğünün somut ve soyut değerlerini oluşturmuştur.

- **Tarihsel Karakter/Kişilikler**

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Tekirdağ'ın kentsel kimliğinde etkisi olan karakteristik kişiler, kentin tarihsel belleğini, kültürel üretimini ve sanatsal birikimini temsil etmişlerdir. Türkiye Cumhuriyeti'nin kurucusu Mustafa Kemal Atatürk, vatan şairi Namık Kemal (1840–1888), şair Yahya Kemal Beyatlı, Rumeli Fatihi Osmanlı Şehzadesi Gazi Süleyman Paşa ile Macar Kralı II. Ferenc Rákóczi (1676–1735) (https://www.suleymanpasa.bel.tr/bilgi/) kentin özgünlüğünde etkisi olan karakteristik kişileri oluşturmuştur.

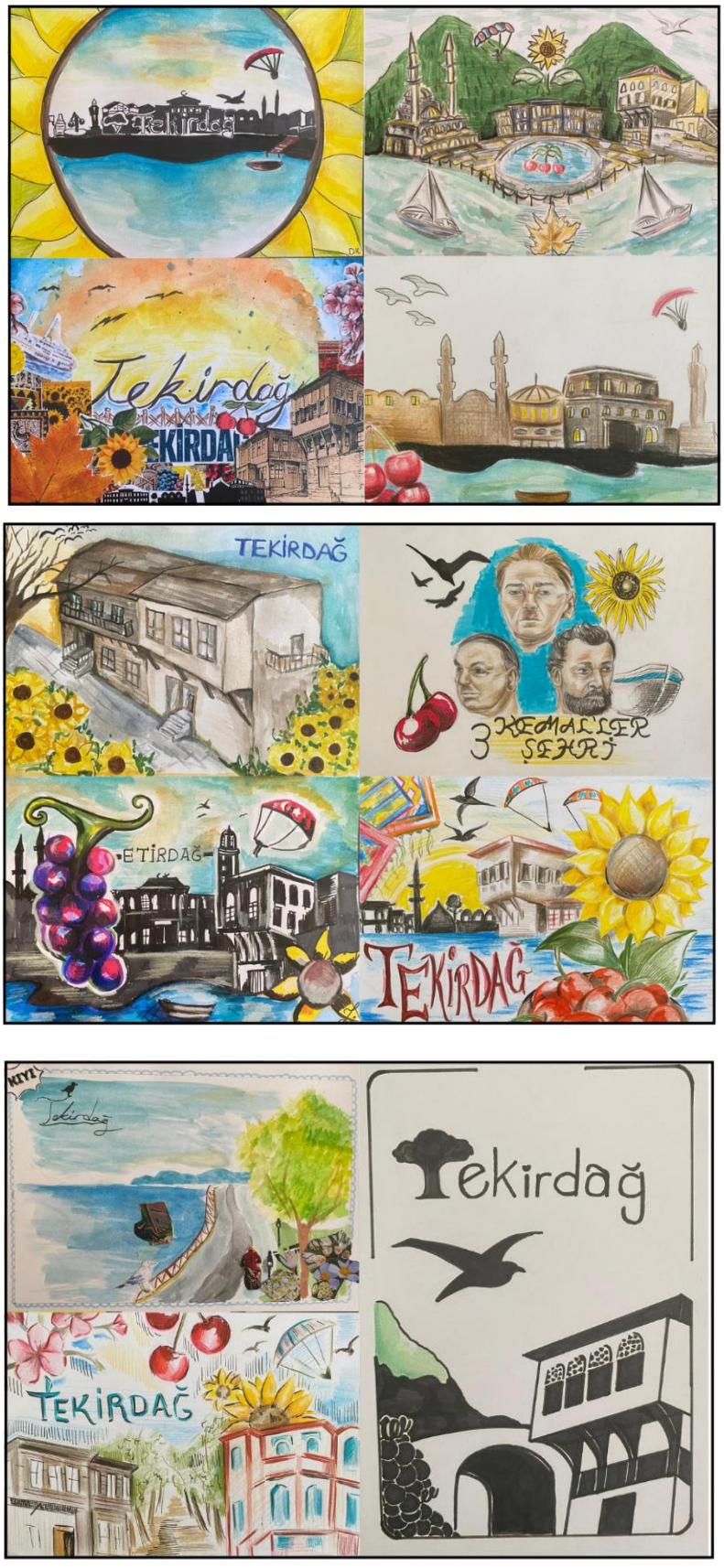
3.2. Kent Kimliğine İlişkin Değerlerin Görselleştirilmesi

Bu bölümde; bir önceki bölümde sunulan bilgiler doğrultusunda, lise öğrencilerinin kent kimliğine ilişkin değerlere yönelik bireysel algılarındaki görünümlerinin tasarlanarak, A5 boyutundaki kartpostala işlenmesi süreci ve sonuçları değerlendirilmiştir. Sürecin işleyişine ilişkin görseller Görsel 1. de sunulmuştur.

Görsel 1. Atölye çalışmasına ilişkin görseller

Tasarım sürecinde toplam 11 adet kartpostal üretilmiştir. Kartpostallarda öğrencilerin farklı görselleştirme teknikleri kullanarak, bilgiye dayalı olarak algılarında oluşturdukları sembolik ifadeleri kullandıkları görülmüştür. Çoğunlukla da; tasarımlarında sarı, kahverengi, mavi ve yeşil tonları kullandıkları saptanmıştır. Kartpostallarda; özellikle Marmara Denizi ve kıyısı ile, üzüm, kiraz, ayçiçeği gibi tarımsal ürünler ile tarihi ve kültürel miras değerlerinin ön plana çıkmıştır. Bu durum kentin tanınırlığında özellikle de; deniz, ayçiçeği, kiraz, üzüm ve geleneksel yerleşim dokusunun baskın olduğunu göstermiştir. Aynı zamanda; yamaç paraşütü, yerel dokuma, Tekirdağ köftesi, martı, liman ve tarihi kişiliklerin de kente ilişkin öğrencilerin algılarında etkili olduğu söylenebilir. Bu durum, kartpostallarda geçen kentsel kimliğe ilişkin sembolik değerlere yönelik oluşturulan kelime analizi ile de desteklenmiştir (Görsel 3).

ISBN NR: 978-625-5694-76-8



Görsel 2. Öğrenciler tarafından kent kimliğine ilişkin üretilen özgün kartpostallar

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Görsel 3. Kartpostallarda geçen kentsel kimliğe ilişkin sembolik değerlere yönelik oluşturulan kelime analizi

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bildiri çalışması lise öğrencilerinin kent kimliğine ilişkin değerlere yönelik bireysel algılarındaki görünümlerinin görselleştirme odaklı tasarımlarla belirlenmesine yönelik uygulamalı bir yaklaşım sunulmuştur. Böylelikle, Tekirdağ kent kimliğine ilişkin baskın değerler, kartpostal şeklinde görsel iletişim araçları aracılığıyla görünür kılınmıştır. Bu bağlamda çalışma, görsel tasarımın kent tanınırlığı ve yerel kimliğin güçlendirilmesinde etkili bir araç olduğunu destekler niteliktedir.

Değerlendirilen 11 adet kartpostalın her birinde, kentin kimlik değerlerini yansıtan farklı tekniklerin kullanıldığı tasarımları içerdiği görülmüştür. Bu durum, atölye temelli üretim süreci ile, öğrencilerin kente özgü değerleri yorumlayarak tasarlamalarına yönelik becerilerinin geliştirmelerine katkı sağlamıştır. Bununla birlikte, gerçekleştirilen atölye süreci, Tekirdağ'ın tarihsel, doğal, tarımsal ve kültürel değerlerinin görsel tasarım aracılığıyla lise öğrencilerinin gözünden yeniden yorumlanmasına olanak sağlamıştır. İlgili sonuç, kent kimliğinin görsel temsilinde özgünlük ve çeşitlilik sağlandığını ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, Tekirdağ örneğinde lise öğrencileri ile yürütülen bu atölye çalışması, kentlerin özgün kimliklerinin görünür kılınmasına yönelik tasarım temelli uygulamaların önemini vurgulamakta ve benzer çalışmaların farklı kentler bağlamında yaygınlaştırılmasına yönelik bir yaklaşım sunmaktadır.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

KAYNAKÇA

[1] Avraham, E. (2004). Media Strategies for Improving An Unfavorable City Image. *Cities*, 21(6), 471-479.

[2] Hu, M. ve Chen, R. (2018). A Framework for Understanding Sense of Place in an Urban Design Context, *Urban Science*, 2(2), 34. https://doi.org/10.3390/ urbansci2020034.

[3] https://festivall.com.tr/iller/59/tekirdag/ (Erişim tarihi: 20.12.2025)

[4] https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/tekirdag/ (Erişim tarihi: 21.12.2025)

[5] https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/tekirdag/gezilecekyer/ucmakdere (Erişim tarihi: 23.12.2025)

[6] https://www.suleymanpasa.bel.tr/bilgi/ (Erişim tarihi: 21.12.2025)

[7] https://tekirdag.ktb.gov.tr/TR-75836/muzeler-ve-orenyerleri.htm (Erişim tarihi: 20.12.2025)

[8] Kallus, R. (2016). Citizenship in Action: Participatory Urban Visualization in Contested Urban Space, *Journal of Urban Design*, 21, 616-637.

[9] Kiper, T. (2015). *Tekirdağ'ın Mekânsal Planlamasındaki Değişim ve Kent Kimliğine Yansımaları,* Tekirdağ Şehir ve Kültür Sempozyumu, Tekirdağ.

[10] Lewicka, M. (2011). Place Attachment: How Far Have We Come in the Last 40 Years? *J. Environ. Psychol*., 31, 207-230.

[11] Lochtefeld, J. (2010). *God's Gateway: Identity and Meaning in A Hindu Pilgrimage Place*, Oxford University Press.

[12] Mehta, V. Ve Rahman, M. (2021). Visualizing and Communicating Neighborhood Identities, *Interdisciplinary Journal of Signage and Wayfinding*, 5(2), https://doi.org/10.15763/issn.2470-9670.2021.v5.i2.a94.

[13] Mostafa, N.H., Mahmoud, M.F., Mahmoud, S.A. (2025). The Impact of City Branding strategies on the Visibility of The City Identity. *Suez Canal Engineering, Energy and Environmental Science Journal*, 3(1), 75-87.

[14] Muktiono, A. (2021). Revealing City Identity Through a Semiotic Approach: Analysis of City Elements, *Journal of Data Science*, 2(1), 1-13.

[15] Nasar, J.L. (1998). *The Evaluative Image of the City*, Sage Publications Thousand Oaks, CA.

[16] Neil, W.J.V. (2004). *Urban Planning and Cultural Identity*. New York: Routledge

[17] Papen, U. (2015). Signs in Cities: The Discursive Production and Commodification of Urban Spaces. Sociolinguistic Studies, 9(1),1-26

[18] Proshansky, H.M., Fabian, A.K., Kaminoff, R. (1983). Place-identity: Physical World Socialization of the Self, *Journal of Environmental Psychology*. 3(1), 57-83

[19] Stephenson, J. (2008). The Cultural Values Model: An integrated approach to Values in Landscapes, *Landscape and Urban Planning*, 84(2), 127-139.

[20] Satkın, M. (2012). *Osmanlı Dönemi Tekirdağ Evleri*. Tekirdağ: Tekirdağ Valiliği Yayını.

[21] Şimşek, E. ve Kızıldemir, Ö. (2020). Tekirdağ Mutfak Kültürü Üzerine Bir Değerlendirme, Türk Turizm Araştırmaları Dergisi, 4(1), 758-775

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

[22] Tekirdağ İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, (2012). *Traklardan Günümüze Mitolojiden Gezginlere Kültür Kenti Tekirdağ,* Tekirdağ: Tekirdağ İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü Yayınları.

[23] Zhou, B., Liu, L., Oliva, A., Torralba, A. 2014. *Recognizing City Identity via Attribute Analysis of Geo-tagged Images.* Fleet et al. (Eds.): ECCV 2014, Part III, LNCS 8691, pp. 519–534, Switzerland: Springer: International Publishing.

[24] Ziyaee, M. (2018). Assessment of Urban Identity Through A Matrix of Cultural Landscapes, *Cities*, 74, 21-33.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

TEKİRDAĞ ÖRNEĞİNDE DOĞAL, KÜLTÜREL, TARIMSAL PEYZAJA İLİŞKİN RENK KODLARININ OLUŞTURULMASI

Yaren ŞAHİN[1], Prof. Dr. Tuğba KİPER[2]

[1]Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, yarensahin21573@gmail.com- 0009-0006-1569-5417

[2]Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Güzel Sanatlar, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, tkiper@nku.edu.tr- 0000-0003-3396-5661

ÖZET

Çalışmada, Tekirdağ kenti örneğinde; tarımsal, doğal ve kültürel peyzajı temsil eden görseller üzerinden elde edilen renk değerlerini analiz ederek, kente özgü bir renk skalası oluşturmak ve bu skalaların kentsel planlama ve tasarım süreçlerine katkısını irdelemek amaçlanmıştır. Bu amaçla; Tekirdağ'ın peyzaj karakterini yansıtan temel renk gruplarının belirlenmesi ile elde edilen renk skalalarının kentsel tasarımda yol gösterici bir veri seti olarak kullanılabilirliğine yönelik öngörü geliştirmek hedeflenmiştir. Böylelikle; doğal, kültürel ve tarımsal peyzaj odaklı yerel verilere yönelik somut renk kodları üretilmiştir. Elde edilen bulgular, Tekirdağ için geliştirilen renk skalalarının ileride hazırlanabilecek kentsel tasarım rehberleri ile kılavuzlarına altlık oluşturabilecek katkılar sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Renk, Kentsel Renk Skalası, Kentsel Tasarım, Tekirdağ

1. GİRİŞ

Renk, mekânsal karakterin anlaşılmasında kilit bir unsur olup, çevremizin çeşitli yönlerinde var olan soyut bir görsel dildir ve genellikle kültürel peyzajın ham maddesi olarak tanımlanmıştır (Amoruso ve Battista, 2020; Zhang ve Kim, 2023). Bu durumu destekler nitelikte; Pakzad ve Einollahi (2017), her rengin, tonu, parlaklığı ve yoğunluğuyla mekanların farklı bir temasını oluşturduğunu belirtmişlerdir. Kentsel kamusal alanlarda renk, estetik iyileştirmenin yanı sıra; mekânsal okunabilirliği ve güvenliği ve mekânsal uyumu sağlayarak, yaşam kalitesinin güçlendirilmesinde etkili bir araç olduğuna vurgu yapılmıştır (Shaporeva ve Smolyanınova, 2024). Bununla birlikte; Zhang ve Li, (2013) ile Wang vd., (2020)'nin çalışmalarında, kent renklerinin; kent kimliğini, karakterini ve özünü yansıttığı için kentin yüzünü oluşturduğu belirtilmiştir. Kentin renginin, genel imajın bir temsili değil, aynı zamanda kültürel ruhunun ve yaşam kalitesinin bir yansıması olduğu vurgulanmıştır. Aynı zamanda; özellikle deniz kentleri bağlamında, renk tasarımının; görsel uyumu geliştirdiği, güçlü bir yer duygusunu yarattığı, kültürel kimliği güçlendirebileceği ve sürdürülebilirliği artırmada dinamik bir araç olduğu belirtilmiştir (Zhang ve Kim, 2023). Mahmoodi ve Shakibamanesh (2005)'in çalışmalarında ise renklerin, kentsel peyzajın temellerini şekillendirdiği ifade edilmiştir. Behbudi vd., (2012); kentsel

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

renk manzarasının, kentsel tarihini ve genel tasarım stilini yansıttığını ve kentsel karakterin bir sembolünü oluşturduğunu belirtmişlerdir. Bu anlamda, eski çağlardan günümüze, renkler; dekorasyon veya mesaj iletici olarak kullanılmışlardır (Bahreini, 1998). Bu durumu destekleyecek şekilde, özellikle de; geleneksel yerleşimlerde, yapıları kaplayan doğal renkler, yerel halkın kültürü ve yaşam tarzıyla uyumlu bir görünüm kazandırmıştır. Böylelikle, geleneksel yerleşimlerin büyük bir çoğunluğu, farklılaşan renk kimlikleri ile ön plana çıkmıştır (Mortezai, 2002). Bu durum, her kent ve/veya coğrafyanın, o yeri, zamanı ve mimariyi tanımlamaya ve açıklamaya yardımcı olan farklı renkler sunabildiğini (Manav, 2017) göstermektedir. Kentsel ortamdaki rengin tüm bu yönleri göz önüne alındığında, kentsel tasarımda renk etkisinin çok önemli bir etkisi olduğu görülmüştür. Literatürde de bu durum desteklenmiştir. Behbudi vd. (2012); kentsel tasarımcılar ve planlamacıların, kentsel renk manzarası alanına daha fazla önem vermeleri gerektiğini belirtirken; Manav (2017), rengin, kentsel estetik, imaj ve mimari tasarımda önemli bir konu haline geldiğini vurgulamışlardır. Gorzaldini, (2016) ise; kentler için kapsamlı renk planının tasarlanması gerektiğini belirtmişlerdir. Bu durumu destekler nitelikte; Zhang ve Kim, (2023)'in çalışmalarında da, kentsel peyzajlarda renk tasarımının önemi vurgulanarak, belirli renk seçimlerinin çevresel etkilerinin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi için daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğuna vurgu yapılmıştır. Cheng vd. (2025); planlamacılar ve tasarımcıların ölçülebilir, denemeye hazır, renk kararlarını doğrulanabilir sonuçlarla ilişkilendiren kılavuzların olmadığından söz etmişlerdir.

Yukarıdaki çalışmalara dayalı olarak bu çalışmada, Tekirdağ kenti örneğinde; tarımsal, doğal ve kültürel peyzajı temsil eden görseller üzerinden elde edilen renk değerlerini analiz ederek, kente özgü bir renk skalası oluşturmak ve bu skalaların kentsel planlama ve tasarım süreçlerine katkısını irdelemek amaçlanmıştır. Bu amaçla; Tekirdağ'ın peyzaj karakterini yansıtan temel renk gruplarının belirlenmesi ile elde edilen renk skalalarının kentsel tasarımda yol gösterici bir veri seti olarak kullanılabilirliğine yönelik öngörü geliştirmek hedeflenmiştir. Böylelikle; doğal, kültürel ve tarımsal peyzaj odaklı yerel verilere yönelik somut renk kodları üretilmiştir. Elde edilen bulgular, Tekirdağ için geliştirilen renk skalalarının ileride hazırlanabilecek kentsel tasarım rehberleri ile kılavuzlarına altlık oluşturabilecek katkılar sağlayacaktır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Araştırmada, Tekirdağ kentinin tarımsal, doğal ve kültürel peyzaj bileşenlerini temsil eden görseller temel veri kaynağı olarak kullanılmıştır.

Çalışma alanı, Marmara Bölgesi'nde yer alan Tekirdağ ili ile sınırlandırılmıştır. Alan; tarımsal peyzaj (bağ alanları, tarım arazileri, ürün desenleri), doğal peyzaj (kıyı alanları, yeşil alanlar, su yüzeyleri, topoğrafik unsurlar), yerleşim peyzajı (anıtsal yapılar, geleneksel sivil mimari yapılar, yerleşim dokusu) ve sosyo-kültürel peyzaj (yerel tatlar ve yöresel etkinlikler) olmak üzere dört ana peyzaj bileşeni doğrultusunda ele alınmıştır. Bu sınıflandırma, peyzaj karakterinin bütüncül biçimde analiz edilmesini sağlamaktadır.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

2.2. Yöntem

Bu çalışmada tarımsal peyzaj (bağ alanları, tarım arazileri ve ürün desenleri), yerleşim peyzajı (anıtsal yapılar, geleneksel sivil mimari ve yerleşim dokusu), doğal peyzaj (kıyı alanları, yeşil alanlar, su yüzeyleri ve topoğrafik unsurlar) ile sosyo-kültürel peyzaj (yerel tatlar ve yöresel etkinlikler) olmak üzere dört ana peyzaj bileşeni doğrultusunda renk kodları oluşturulmuştur. İlk aşamada bu peyzaj bileşenlerini temsil eden görseller kullanılarak renk dağılımlarının soyutlanması hedeflenmiştir. İkinci aşamada görsellere piksel bazlı çözünürlük düşürme (pixelation) yöntemi uygulanarak biçimsel detaylar azaltılmış, baskın renkler ve genel renk dağılımları ön plana çıkarılmıştır. Elde edilen piksellenmiş görseller, her bir peyzaj bileşeninin karakteristik renk skalasını yansıtan soyut görsel ifadeler olarak değerlendirilmiştir. Son aşamada ise tüm peyzaj bileşenlerinden elde edilen renk değerleri bir araya getirilerek kentin görsel kimliğini temsil eden karma (bütüncül) bir renk skalası oluşturulmuştur. Bu renk skalası içerisindeki tonların kentteki baskınlık düzeyleri, yoğunluklarına göre farklı büyüklüklerde şekiller kullanılarak görselleştirilmiş ve renklerin baskınlık dağılımı ortaya konmuştur.

3. BULGULAR

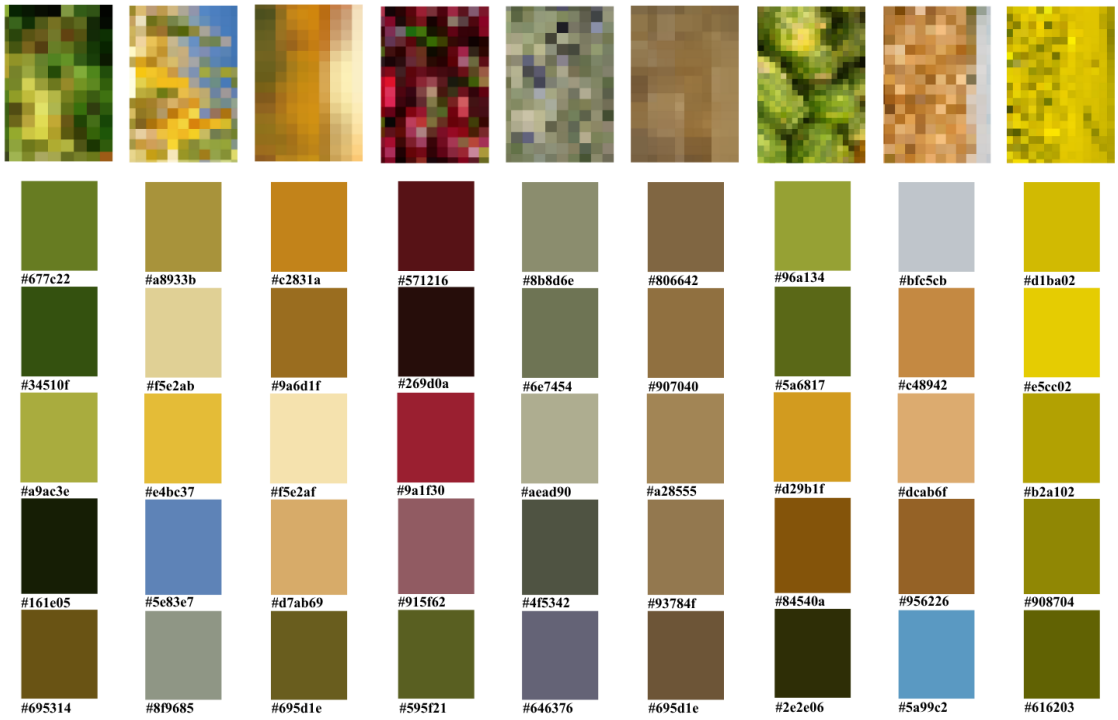
3.1. Tarımsal Peyzaj Değerlerine Yönelik Renk Kodlarının Oluşturulması

Tekirdağ kenti özelinde tarımsal peyzajı oluşturan; ayçiçeği, buğday, mısır ve kanola tarlaları ile bağ alanları ve kiraz, karpuz ve zeytin bahçelerine yönelik olarak baskın renkleri oluşturan renk skalası geliştirilmiştir. Tarımsal peyzaj değerlerine yönelik, renk skalası incelendiğinde, sarı, altın tonları, yeşil ve kahverengi tonlarının baskın olduğu görülmüştür (Görsel 1, Görsel 2). Bu durum; hasat dönemlerinin görsel etkisi ile tarımsal peyzajın dönemsel değişkenliğinin bir yansıması olduğu ile ilişkilendirilebilir. İlgili sonuç, kentsel tasarıma yönelik olarak, mevsimsellik ve zamansal değişimin gözetilmesinin gerekliliğini desteklemektedir.

Görsel 1. Tarımsal peyzaj değerleri

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

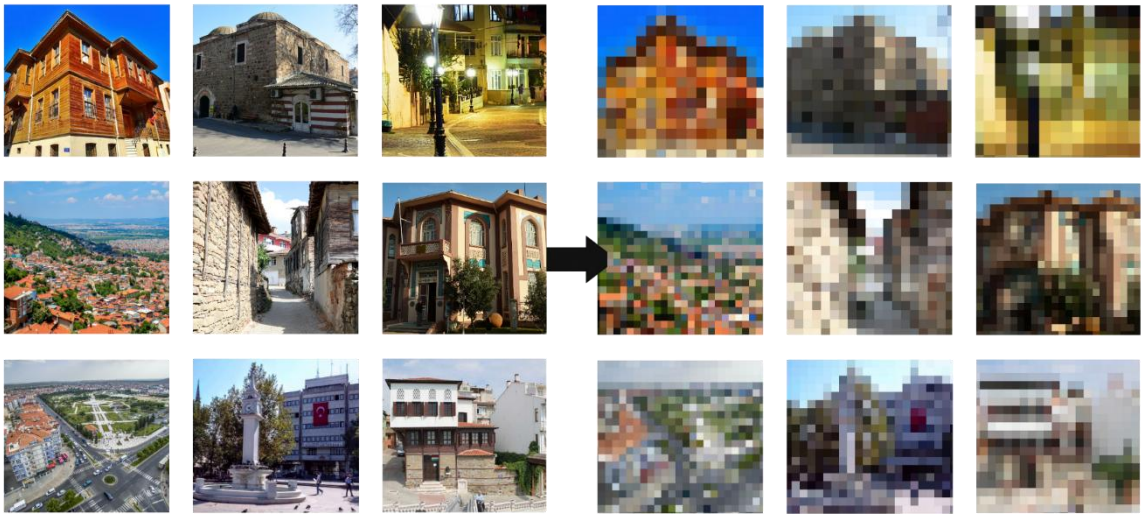
Görsel 2. Tarımsal peyzaj renk skalası



3.2. Yerleşim Peyzaj Değerlerine Yönelik Renk Kodlarının Oluşturulması

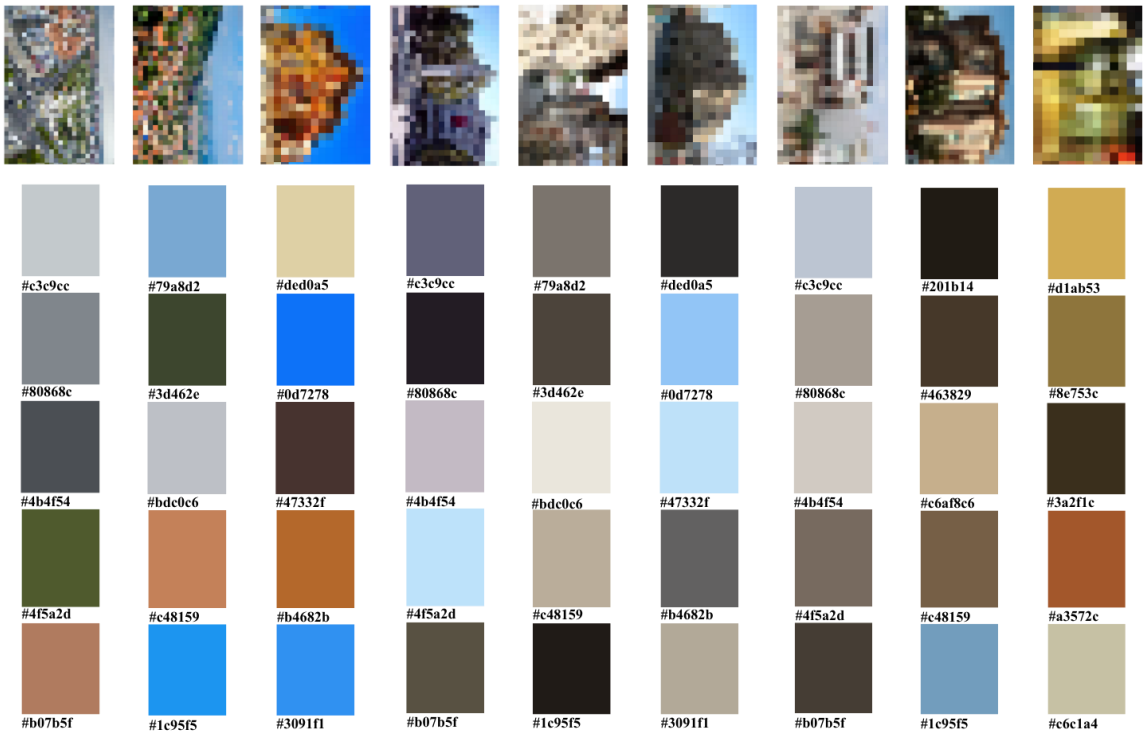
Yerleşim peyzajına ait renk skalasında; bej, gri, mavi ve toprak tonlarının ön planda olduğu pastel tonlar hakim olmuştur. Bu renklerin büyük ölçüde yapı cepheleri, kentsel donatılar ve sert zemin yüzeylerinden kaynaklandığı görülmektedir (Görsel 3, Görsel 4). Mavi tonlarının varlığı, Tekirdağ'ın kıyı kenti olma özelliğinin yerleşim peyzajına yansıdığını desteklemektedir. Bu durum, yerleşim alanlarında doğal peyzajla kurulan görsel ilişkinin renk üzerinden okunabildiğini göstermektedir. Kentsel tasarıma yönelik, yerleşim peyzajında, doğal peyzaja atıfta bulunulduğundan yola çıkılarak, yapılı çevrenin doğayla uyumunu destekleyecek önemli bir referans seti sunabilir.

Görsel 3. Yerleşim peyzajı değerleri



ISBN NR: 978-625-5694-76-8

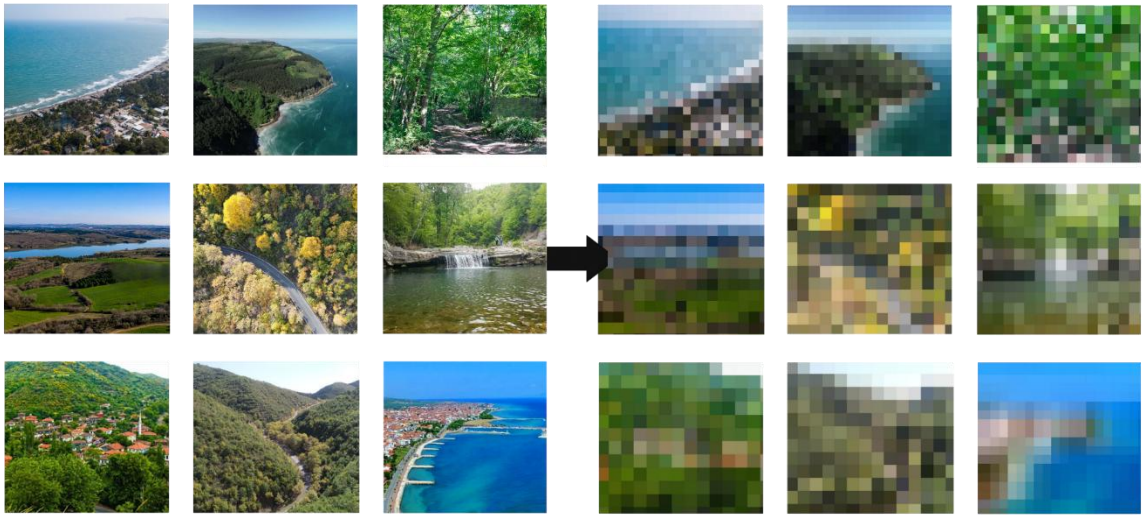
Görsel 4. Yerleşim peyzajı renk skalası



3.3. Doğal Peyzaj Değerlerine Yönelik Renk Kodlarının Oluşturulması

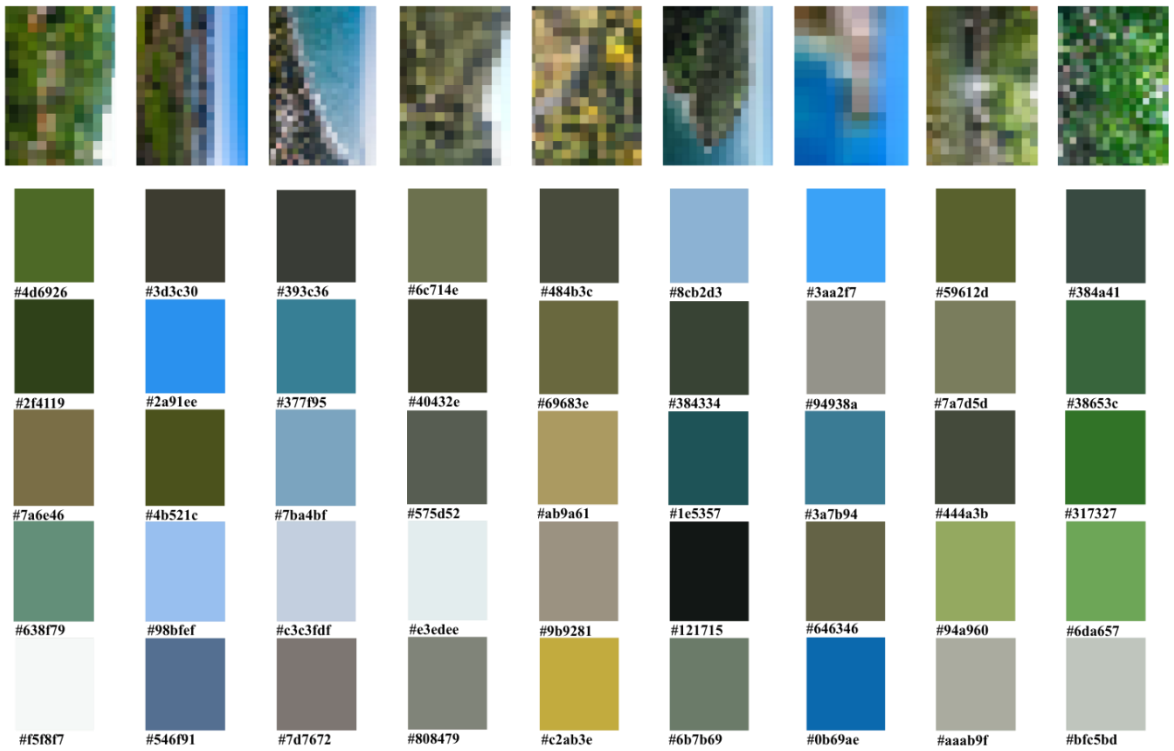
Doğal peyzaj değerlerine yönelik renk skalası; yeşil ve mavi tonları etrafında yoğunlaşmıştır (Görsel 5, Görsel 6).). Bu durum özellikle mavi-yeşil dengesinin önemli bir potansiyel oluşturduğunu göstermiştir. Yeşil tonlarındaki çeşitlilik, bitki örtüsünün farklı yoğunluk ve türlere sahip olduğunu; mavi ve açık tonlar ise deniz, gökyüzü ve su yüzeylerinin doğal peyzajda belirleyici unsurlar olduğunu desteklemektedir. Doğal peyzaj değerlerinden üretilen bu renk skalaları; kentsel açık alan tasarımlarında görsel konforu artıracak veri desteği sayabilecektir.

Görsel 5. Doğal peyzaj değerleri



ISBN NR: 978-625-5694-76-8

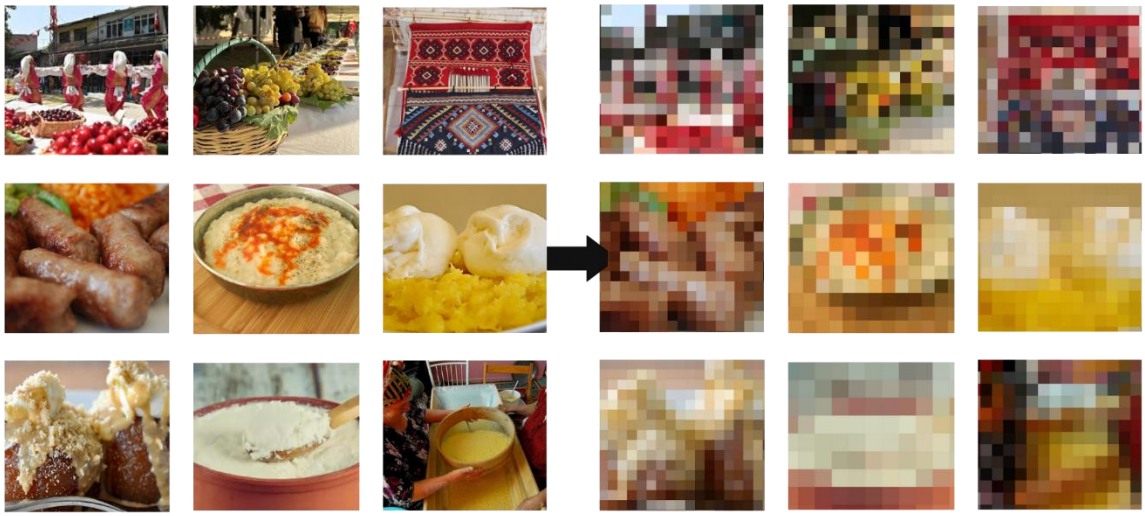
Görsel 6. Doğal peyzaj renk skalası



3.4. Sosyo-Kültürel Peyzaj Değerlerine Yönelik Renk Kodlarının Oluşturulması

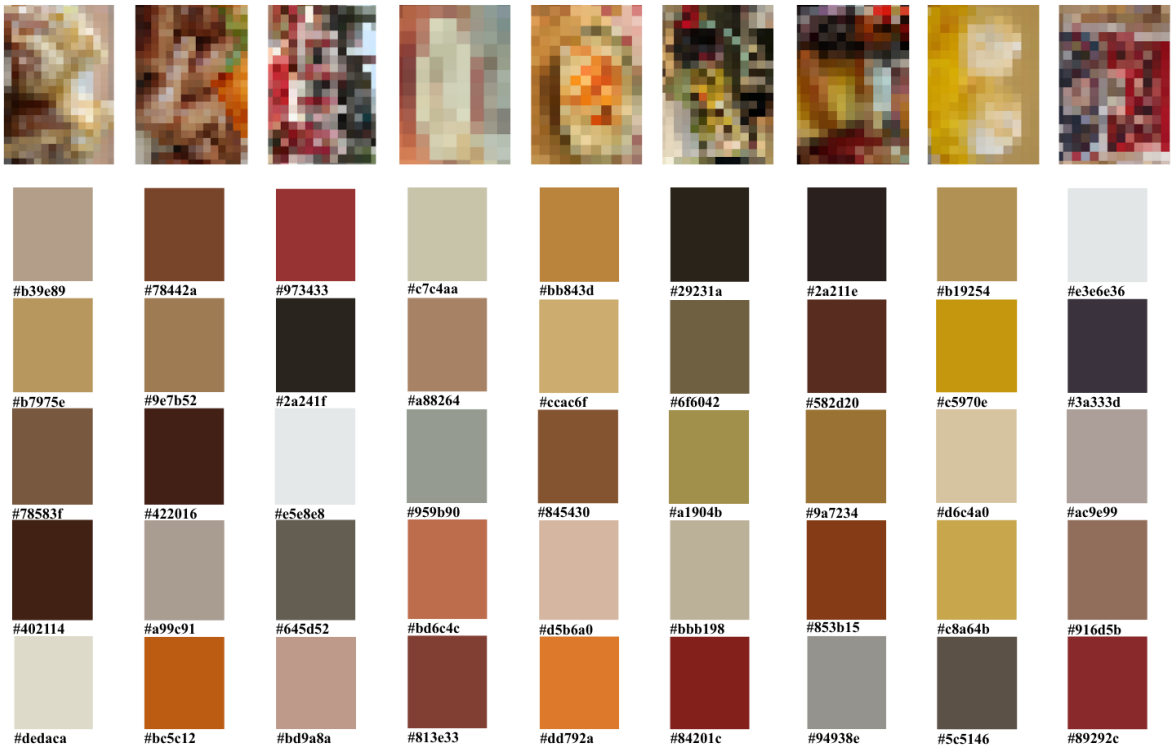
Sosyo-kültürel peyzajdan elde edilen renk skalasında; kırmızı, tuğla tonları, koyu kahverengi, renklerin öne çıktığı saptanmıştır (Görsel 6, Görsel 7). Bu renkler, anıtsal yapılar, geleneksel sivil mimari yapılar ve kültürel mekânlarla olan ilişkinin güçlü olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu durum, sosyo-kültürel peyzaj değerlerine yönelik renk kullanımının kent kimliğini, karakterini ve özünü yansıttığını ortaya koymuştur.

Görsel 7. Sosyo-kültürel peyzaj değerleri

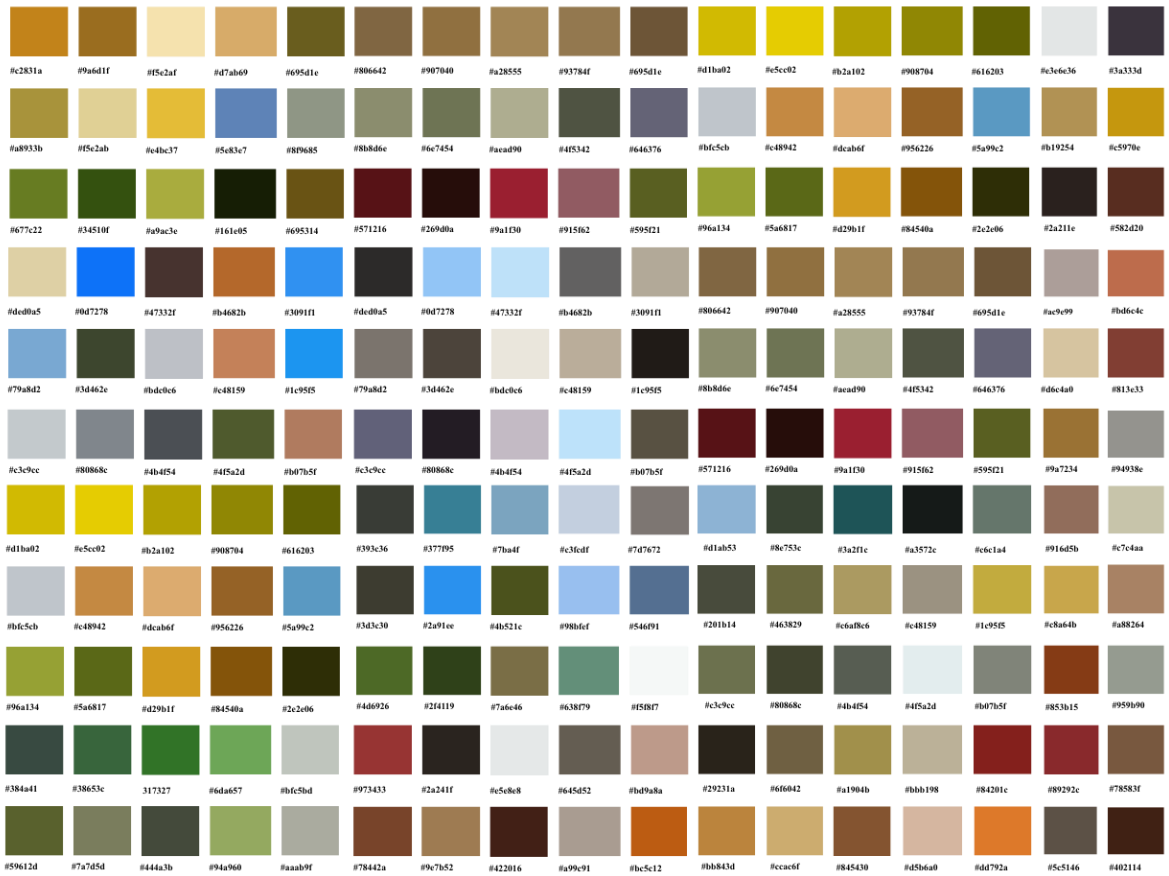


ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Görsel 8. Sosyo-kültürel peyzaj renk skalası



Görsel 9. Karma peyzaj renk skalası



ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Renk skalası içerisindeki tonların kentteki baskınlık düzeyleri, yoğunluklarına göre farklı büyüklüklerde şekiller kullanılarak görselleştirilmiş ve renklerin baskınlık dağılımı ortaya konmuştur. Renk yoğunluğu analizine göre ortaya çıkan toplam 180 renkten 61 renk kahverengi tonunda, 28 gri, 27 yeşil, 26 mavi, 15 sarı, 13 turuncu, 10 kırmızı tonları arasında değişkenlik göstermektedir.

Şekil 1. Renklerin yoğunluk analizi

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Tekirdağ'ın; tarımsal peyzaj, doğal peyzaj, yerleşim peyzajı ile sosyo-kültürel peyzaj değerlerine yönelik oluşturulan renk skalası birleştirilerek karma bir renk skalası oluşturulmuştur (Görsel 8). Karma renk skalası incelendiğinde; sarı, kahverengi, yeşil, mavi ve kırmızı tonların genel olarak dengeli bir biçimde yer aldığı ve renklerin peyzaj türlerine göre farklılaştığı görülmüştür. Bu durum, kentin tarımsal, doğal ve sosyo-kültürel peyzaj değerlerine yönelik karakterini yansıttığını desteklemektedir. Büyük ölçüde de, renklerin toprak–yeşil–mavi ekseninde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu durum, özellikle geleneksel yapı cephelerinin, bitki çeşitliliğinin ve kıyı etkisinin kentin renk oluşumunda etkili olduğunu ve yerel kimliği destekleyen bir renk dili oluşturma potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir. Elde edilen sonuçlar, Tekirdağ için geliştirilen renk skalalarının; kentsel tasarım rehberlerinde, cephe ve açık alan tasarım ilkelerinde yerel kimliği destekleyici bir araç olarak kullanılabileceğini ortaya koymaktadır.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

KAYNAKÇA

[1] Gorzaldini, M.N. (2016). The Effects of Colors on the Quality of Urban Appearance, *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 7(5): 225-231.

[2] Amoruso, G., Battista, V. (1998). *Landscape. Bottom-up Approach for Cultural landscape and Local Identity Mapping*. In Mind and Places: A Multidisciplinary Approach to the Design of Contemporary City, 1st ed.; Anzani, A., Ed.; Springer: Cham, Switzerland, 2020; pp. 223–236Bahreini, H. (1998). Urban Design Process. Tehran: University of Tehran Publication.

[3] Behbudi, R., Szasa, I., Torabi, M. 2012. "The Functions of Color in Urban Setting." Aceh Development International Conference (ADIC2012), Kuala Lumpur, Malaysia.

[4] Cheng,X., Zhao, G., Xie, M. (2025). Color in Urban Public Spaces: A Systematic Review for Evidence-Based Design, *Buildings*,15(24), 1-26.

[5] Gorzaldini, M.N. (2016). The Effects of Colors on the Quality of Urban Appearance, *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 7(5): 225-231.

[6] Mahmoodi, K. & Shakibamanesh, A. (2005). Chromatics principles in architecture and urbanism. Tehran: Heleh Publication.

[7] Manav, B. 2017. Color-emotion Associations, Designing Color Schemes for Urban Environment-Architectural Settings, *Color Res Appl*., 42:631–640.

[8] Mortezai, R. (2002). *Approaches in the Design of Urban Furniture*. Tehran: Sazman Shahrdari Keshvar

[9] Pakzad, J. ve Einollahi, K. (2017). Color Palette as a Landscape Design Technique: City Designing, *Armanshahr Architecture & Urban Development*, 9(17): 163-172.

[10] Shaporeva, V. ve Smolyanınova, E.S. (2024). Cıty Desıgn Code: Color Aspecta. *ATU DesignScience*, 1, 1-9.

[11] Wang, J., Zhang, L., Gou, A. (2020). Study on the Preference of City Color İmage Selection Based on The Logistic Model: A Case Study of Shanghai. *Color Res. Appl*., 45, 542–557.

[12] Zhang, L. Ve Kim, C. (2023). Chromatics in Urban Landscapes: Integrating Interactive Genetic Algorithms for Sustainable Color Design in Marine Cities, *Appl. Sci*., 13(18), 10306.

[13] Zhang, S. ve Li, J. (2013). *Visual City's Color Design Management—Taking The Studying Of Wuhan City Color As An Example.* In Proceedings of the 2013 Conference on Education Technology and Management Science (ICETMS 2013), Nanjing, China, 8–9 June 2013; Atlantis Press: Amsterdam, The Netherlands, 1040–1042.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

ELMA (*MALUS DOMESTİCA*) ÇEKİRDEKLERİNİN BİYOAKTİF BİLEŞENİ, BİYOLOJİK ETKİLERİ VE ENDÜSTRİYEL DEĞERLENDİRME POTANSİYELİ

Dr. Öğr. Üyesi, Said Efe DOST
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi/Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü
Saidefe.dost@gmail.com - ORCID ID: 0000-0003-4279-7292

Dr. Öğr. Üyesi, Elif ÇATIKKAŞ
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi/Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü
eliffcatikkas@gmail.com - ORCID ID: 0000-0002-0661-0219

ÖZET

Elma (*Malus domestica*), küresel ölçekte en yaygın üretimi yapılan meyve türlerinden biri olup, endüstriyel işleme süreçleri sonucunda meyve ağırlığının yaklaşık %20'sine karşılık gelen posa, kabuk ve çekirdek gibi agro-endüstriyel yan ürünler açığa çıkmaktadır. Toplam atık miktarı içerisinde sınırlı bir paya sahip elma çekirdekleri; yüksek protein (%33,7–49,5), lipid (%10,1–29,4), diyet lifi, mineral madde ve polifenol içeriği ile dikkat çekici bir besinsel ve fonksiyonel potansiyel sunmaktadır. Elma çekirdeğinden elde edilen yağın yağ asidi kompozisyonu, esas olarak linoleik asit (%45–60) ve oleik asit (%27–41,7) gibi çoklu ve tekli doymamış yağ asitlerinden oluşmakta olup, bu bileşenlerin insan sağlığı açısından önemli fizyolojik etkiler sergileyebileceği bildirilmektedir. Bunun yanı sıra, elma çekirdekleri özellikle floridzin başta olmak üzere yüksek konsantrasyonda fenolik bileşik içermekte ve belirgin bir antioksidan kapasite göstermektedir. Çekirdeklerin oksidatif stresle ilişkili hastalıkların önlenmesinde potansiyel bir fonksiyonel bileşen kaynağı olarak değerlendirilmesini, elma çekirdeği kaynaklı bileşenlerin anti-inflamatuar, antikanser, antibakteriyel ve antidiyabetik aktiviteler sergileyebildiği; özellikle alfa-glukozidaz inhibisyonu yoluyla glisemik yanıtın modülasyonuna katkı sağlayabileceği vurgulanmaktadır. Çekirdek yağında bulunan β-sitosterolün, serum kolesterol düzeylerinin düşürülmesine katkı sağlayarak kardiyovasküler risklerin azaltılmasında rol oynayabileceği belirtilmektedir.

Elma çekirdeklerinde doğal olarak bulunan ve hidroliz sonucu siyanür salınımına neden olabilen amigdalin gibi siyanojenik glikozitler, bu materyallerin değerlendirilmesinde güvenlik açısından kritik bir sınırlayıcı unsur oluşturmaktadır. Sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda, elma çekirdeklerinden biyoaktif bileşenlerin geri kazanımında süperkritik CO_2, ultrasonik ve enzimatik destekli ekstraksiyon yöntemleri; yüksek seçicilik ve verimlilik sağlamanın yanı sıra istenmeyen bileşenlerin ürüne geçişini sınırlandırarak daha saf ve kaliteli ürünlerin elde edilmesine olanak tanımaktadır. Sonuç olarak, elma çekirdeklerinin kontrollü ve güvenli biçimde katma değerli ürünlere dönüştürülmesi, gıda, kozmetik ve farmasötik endüstriler için ekonomik ve çevre dostu bir hammadde alternatifi sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Elma çekirdeği, Biyoaktif bileşikler, Fonksiyonel özellikler, Sürdürülebilir değerlendirme

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

BİOACTİVE COMPOSİTİON, BİOLOGİCAL EFFECTS, AND INDUSTRİAL VALORİZATİON POTENTİAL OF APPLE (*MALUS DOMESTİCA*) SEEDS

ABSTRACT

Apple (*Malus domestica*) is one of the most widely produced fruit species worldwide, and industrial processing generates substantial amounts of agro-industrial by-products, including pomace, peel, and seeds, accounting for approximately 20% of the fruit weight. Although apple seeds constitute a relatively small fraction of the total waste, they exhibit a remarkable nutritional and functional potential due to their high contents of protein (33.7–49.5%), lipids (10.1–29.4%), dietary fiber, minerals, and polyphenolic compounds. The oil extracted from apple seeds is characterized by a favorable fatty acid profile, predominantly composed of polyunsaturated and monounsaturated fatty acids, mainly linoleic acid (45–60%) and oleic acid (27–41.7%), which are associated with beneficial physiological effects on human health. In addition, apple seeds contain high concentrations of phenolic compounds, particularly phloridzin, and display considerable antioxidant capacity. These properties support the potential use of apple seeds as a functional ingredient source in the prevention of oxidative stress-related disorders. Previous studies have highlighted that bioactive compounds derived from apple seeds exhibit anti-inflammatory, anticancer, antibacterial, and antidiabetic activities, especially through the inhibition of α-glucosidase, thereby contributing to the modulation of glycemic response. Furthermore, β-sitosterol present in apple seed oil may contribute to the reduction of serum cholesterol levels, suggesting a potential role in lowering cardiovascular risk.

However, the presence of cyanogenic glycosides such as amygdalin, which can release cyanide upon hydrolysis, represents a critical safety concern that must be carefully addressed during processing and utilization. From a sustainability perspective, environmentally friendly extraction techniques, including supercritical CO_2, ultrasonic-assisted, and enzyme-assisted extraction methods, have gained increasing attention due to their high selectivity and efficiency. These approaches not only enhance the recovery of bioactive compounds but also limit the transfer of undesirable constituents into the final products. Consequently, the controlled and safe valorization of apple seeds offers an economically viable and environmentally sustainable raw material alternative for the food, cosmetic, and pharmaceutical industries.

Keywords: Apple seed, Bioactive compounds, Functional properties, Sustainable valorization

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

1. Giriş

Elma (*Malus domestica*), binlerce yıllık yetiştiricilik geçmişiyle insanlık tarihinin en eski kültür meyvelerinden biri olup, günümüzde de dünya genelinde en yaygın üretilen ve tüketilen meyveler arasında yer almaktadır. Yüksek adaptasyon yeteneği, uzun raf ömrü ve geniş kullanım alanları sayesinde elma, yalnızca insan beslenmesinde değil, aynı zamanda küresel tarım ekonomisinde de stratejik bir ürün konumundadır (Musacchi & Serra, 2018; Shahbandeh, 2019). Nitekim güncel FAO verileri, dünya elma üretiminin yıllık yaklaşık 95 milyon ton seviyesinde seyrettiğini ve üretimin büyük ölçüde Çin, Amerika Birleşik Devletleri ve Türkiye gibi ülkelerde yoğunlaştığını ortaya koymakta; bu durum elmanın küresel gıda arzı ve tarımsal sürdürülebilirlik açısından önemini daha da pekiştirmektedir (FAO, 2024). Ancak elmanın endüstriyel ölçekte meyve suyu, reçel, püre ve fermente ürünlere dönüştürülmesi sırasında, meyve ağırlığının yaklaşık %20–25'ine karşılık gelen posa, kabuk ve çekirdek fraksiyonlarından oluşan önemli miktarda agro-endüstriyel yan ürün açığa çıkmaktadır (Mahawar, Singh, & Jalgaonkar, 2012; Ferrentino ve ark., 2020). Bu yan ürünler uzun yıllar boyunca düşük ekonomik değere sahip tarımsal atıklar olarak değerlendirilmiş ve çoğunlukla hayvan yemi ya da kompost materyali olarak kullanılmıştır. Bununla birlikte, son yıllarda sürdürülebilir üretim ve döngüsel ekonomi yaklaşımlarının ön plana çıkmasıyla birlikte, elma işleme yan ürünlerinin kimyasal bileşimi ve fonksiyonel potansiyeli bilimsel açıdan yoğun ilgi görmeye başlamıştır. Güncel çalışmalar, bu fraksiyonların polifenoller, proteinler ve esansiyel yağ asitleri bakımından zengin birer biyoaktif rezervuar niteliği taşıdığını ortaya koymaktadır (Blidi ve ark., 2015; Kumar ve ark., 2021). Toplam atık miktarının yalnızca %0,7–4,5'ini oluşturmasına rağmen elma çekirdekleri, içerdiği yüksek katma değerli bileşenler nedeniyle "atık değerleme (valorization)" stratejilerinin merkezinde yer almakta ve özellikle yüksek üretim hacmine sahip ülkelerde çevresel ve ekonomik açıdan önemli bir potansiyel sunmaktadır (Bolarinwa, Orfila, & Morgan, 2015; Ferrentino ve ark., 2020).

Elma çekirdeklerinin besinsel profili incelendiğinde, %33,7–49,5 oranında protein ve %10,1–34 oranında yağ içeriğiyle dikkat çektiği görülmektedir (Kamel, deMan, & Blackman, 1982; Yu ve ark., 2007; Kumar ve ark., 2021). Çekirdekten elde edilen yağın %80'den fazlasının doymamış yağ asitlerinden oluştuğu ve özellikle linoleik asit (%45–60) ile oleik asit (%27–41,7) bakımından zengin olduğu bildirilmektedir (Abbas, Anwar, & Ahmad, 2019; Wang ve ark., 2025). Buna ek olarak, elma çekirdeklerinin polifenolik profili; toplam fenolik içeriğin %70–90'ını oluşturan floridzin başta olmak üzere, phloretin ve kuersetin türevleriyle karakterize edilmektedir (Tian, Zhan, & Li, 2010; Fromm ve ark., 2012; Mishko ve ark., 2021). Bu zengin kimyasal bileşim, elma çekirdeklerine geniş bir biyolojik etki spektrumu kazandırmaktadır. Yapılan çalışmalar, elma çekirdeği ve türevlerinin güçlü antioksidan özelliklerinin yanı sıra antikanser, antidiyabetik (α-glukozidaz ve α-amilaz inhibisyonu) ve anti-obezite (pankreatik lipaz inhibisyonu) aktiviteler sergilediğini ortaya koymaktadır (Ci ve ark., 2018; Manzoor, Singh, & Gani, 2021; Wang ve ark., 2025). Bununla birlikte, çekirdeklerde doğal olarak bulunan ve hidroliz sonucu siyanür salınımına yol açabilen amigdalin varlığı, bu materyallerin değerlendirilmesinde güvenlik açısından kritik bir faktör olarak değerlendirilmektedir. Ancak modern ekstraksiyon ve rafinasyon teknolojileri sayesinde, elma çekirdeği yağının bu toksik bileşenden etkin biçimde arındırılmasının mümkün olduğu bildirilmektedir (Bolarinwa ve ark., 2015; Ferrentino ve ark., 2020).

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda, elma çekirdeklerinden biyoaktif bileşenlerin geri kazanımında süperkritik CO_2, ultrasonik ve enzimatik destekli ekstraksiyon gibi çevre dostu teknolojiler ön plana çıkmaktadır. Bu yenilikçi yaklaşımlar hem yüksek ekstraksiyon verimi sağlamakta hem de çözücü kullanımını ve çevresel etkiyi minimize etmektedir (Gasparini ve ark., 2023; Wang ve ark., 2025). Sonuç olarak, elma çekirdekleri yalnızca fonksiyonel gıda bileşeni olarak değil; aynı zamanda kozmetik, farmasötik ve biyo-yakıt endüstrileri için sürdürülebilir ve ekonomik bir hammadde kaynağı olarak değerlendirilmektedir (Abbas ve ark., 2019; Wang ve ark., 2025). Türk kültürü ve mitolojisinde "gençlik ve ölümsüzlük" ile sembolize edilen elmanın, günümüzde bilimsel veriler ışığında yeniden yorumlanması, geleneksel bilgi ile modern bilimin anlamlı bir kesişim noktasını oluşturmaktadır (Şimşek, 2008).

2. Elma (*Malus domestica*) Çekirdeklerinin Biyoaktif Bileşimi

Elma çekirdekleri, uzun yıllar boyunca tarımsal bir yan ürün veya atık olarak değerlendirilmiş olsa da, son yıllarda yapılan kapsamlı kimyasal ve biyolojik analizler bu materyallerin yüksek katma değerli bileşenler açısından zengin bir biyoaktif rezervuar niteliği taşıdığını ortaya koymuştur (Blidi ve ark., 2015; Kumar ve ark., 2022). Döngüsel ekonomi ve sürdürülebilir üretim yaklaşımlarının giderek önem kazanmasıyla birlikte, elma çekirdekleri agro-endüstriyel atıkların değerlenmesi (valorization) kapsamında stratejik bir hammadde olarak ele alınmaya başlanmıştır. Çekirdeklerin proksimat bileşimi incelendiğinde, kuru madde bazında %33,79–49,55 oranında protein ve %10,1–34 oranında lipid içeriğine sahip olduğu bildirilmektedir (Kamel, deMan, & Blackman, 1982; Kumar ve ark., 2022; Wang ve ark., 2025). Bu düzeydeki lipid içeriği, elma çekirdeği yağının mısır ve ayçiçek yağı gibi ticari olarak yaygın kullanılan bitkisel yağlarla rekabet edebilecek bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir (Kumar ve ark., 2022). Ayrıca yüksek protein içeriği, çekirdeklerin fonksiyonel gıda ve besin takviyesi uygulamaları açısından da değerlendirilmesini mümkün kılmaktadır.

Elma çekirdeği yağının yağ asidi profili, toplam kompozisyonun %80'inden fazlasını oluşturan doymamış yağ asitleri ile karakterizedir (Wang ve ark., 2025). Başlıca yağ asitleri arasında linoleik asit (%40,5–67,94) ve oleik asit (%20,68–46,5) baskın olup, palmitik ve stearik asit gibi doymuş yağ asitleri daha düşük oranlarda bulunmaktadır (Kumar ve ark., 2022; Wang ve ark., 2025). Bu yağ asidi dağılımı, elma çekirdeği yağının kardiyovasküler sağlık açısından olumlu etkiler gösterebilecek bir lipit profiline sahip olduğunu düşündürmektedir. Elma çekirdeklerinin biyoaktif karakterini belirleyen en önemli bileşen gruplarından biri fenolik bileşiklerdir. Toplam fenolik içeriğin %70–90'ını oluşturan floridzin (phloridzin), elma türlerine özgü bir dihidrokalkon olup, özellikle glukoz metabolizmasının düzenlenmesinde rol oynayan biyolojik aktivitesi ile dikkat çekmektedir (Dadwal ve ark., 2018; Kumar ve ark., 2022). Bunun yanı sıra, floretin, kuersetin glikozitleri ve klorojenik asit gibi fenolik bileşikler de çekirdeklerin antioksidan kapasitesine önemli katkı sağlamaktadır (Dadwal ve ark., 2018). Lipofilik antioksidanlar açısından değerlendirildiğinde ise elma çekirdeklerinin α- ve β-tokoferol (vitamin E) homologları bakımından zengin olduğu; toplam tokoferol içeriğinin çeşide bağlı olarak 130–379 mg/100 g yağ arasında değiştiği bildirilmektedir (Górnaś, 2015; Kumar ve ark., 2022). Bu bileşenler, yağın oksidatif stabilitesini artırmanın yanı sıra biyolojik koruyucu etkilere de sahiptir. Mineral bileşim açısından elma çekirdekleri, potasyum (yaklaşık

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

720 mg/100 g), fosfor (600 mg/100 g), magnezyum (320 mg/100 g) ve kalsiyum gibi esansiyel mineraller bakımından önemli bir kaynak oluşturmaktadır (Kamel ve ark., 1982). Ancak çekirdeklerin bileşiminde bulunan ve hidroliz sonucu siyanür açığa çıkarabilen amigdalin gibi siyanojenik glikozitler, elma çekirdeği ürünlerinin değerlendirilmesinde güvenlik açısından kritik bir sınırlayıcı faktör olarak öne çıkmaktadır. Çeşit ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak amigdalin içeriğinin 1–4 mg/g arasında değiştiği rapor edilmiş olup, bu bileşiğin işleme ve rafinasyon aşamalarında etkin biçimde kontrol altına alınması gerekmektedir (Bolarinwa, Orfila, & Morgan, 2015; Kumar ve ark., 2022).

Türk kültüründe elmanın tarihsel olarak "ölümsüzlük ve şifa" ile ilişkilendirilmesi (Şimşek, 2008), modern bilimsel bulgular ışığında değerlendirildiğinde, bu sembolik anlamın özellikle çekirdeklerde yoğunlaşan zengin biyoaktif bileşimle bilimsel bir temele oturtulabileceği görülmektedir. Güncel araştırmalar, elma çekirdeklerinin yalnızca geleneksel bir yan ürün değil; fonksiyonel gıda, kozmetik ve farmasötik uygulamalar için güçlü bir doğal bileşen kaynağı olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

3. Biyolojik ve Fonksiyonel Etkiler

Elma (*Malus domestica*) çekirdekleri, zengin polifenol içeriği, özgün yağ asidi profili ve lipofilik biyoaktif bileşenleri sayesinde geniş bir biyolojik aktivite spektrumuna sahiptir. Son yıllarda gerçekleştirilen in vitro ve sınırlı sayıda in vivo çalışmalar, elma çekirdeği ve türevlerinin antioksidan, antidiyabetik, antiobezite, antimikrobiyal, antikanser ve kardiyoprotektif özellikler sergilediğini ortaya koymuştur. Bu etkilerin büyük ölçüde fenolik bileşikler, tokoferoller, doymamış yağ asitleri ve fitosterollerin sinerjik etkileşimlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

3.1. Antioksidan Kapasite

Elma çekirdekleri, yüksek fenolik bileşik konsantrasyonları sayesinde güçlü bir antioksidan kapasite göstermektedir (Duda-Chodak, Tarko, & Tuszyński, 2011). Özellikle toplam fenolik içeriğin büyük bir bölümünü oluşturan floridzin, serbest radikallerin süpürülmesi, metal iyonlarının şelasyonu ve lipid peroksidasyonunun baskılanması yoluyla oksidatif hasarı sınırlandırmaktadır (Xu ve ark., 2016; Dadwal ve ark., 2018). Yapılan karşılaştırmalı analizler, elma çekirdeklerinin antioksidan aktivitesinin meyvenin kabuk ve et dokusuna kıyasla belirgin şekilde daha yüksek olabildiğini göstermektedir (Xu ve ark., 2016; Manzoor, Singh, & Gani, 2021b). Bu durum, çekirdeklerin oksidatif stres temelli kronik hastalıkların önlenmesinde fonksiyonel bir bileşen kaynağı olarak değerlendirilmesini desteklemektedir.

3.2. Antidiyabetik ve Antiobezite Etkiler

Elma çekirdeği ekstraktlarının karbonhidrat ve lipid metabolizmasında rol oynayan temel sindirim enzimleri üzerinde inhibitör etki gösterdiği bildirilmiştir. Özellikle α-glukozidaz ve α-amilaz aktivitelerinin baskılanması, nişastanın glukoza dönüşüm hızını azaltarak postprandiyal hipergliseminin kontrol altına alınmasına katkı sağlamaktadır (Ci ve ark., 2018; Manzoor ve ark., 2021b). Bunun yanı sıra, pankreatik lipaz inhibisyonu yoluyla diyetle alınan yağların sindiriminin sınırlandırılması, elma çekirdeği bileşenlerini obezite yönetimi açısından potansiyel bir doğal ajan haline getirmektedir (Ci ve ark., 2018). Bu etkilerin özellikle floridzin, floretin ve polifenolik asitler ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

3.3. Antimikrobiyal Aktivite

Elma çekirdeklerinden elde edilen yağ ve ekstraktların, hem Gram-pozitif hem de Gram-negatif bakterilere karşı belirgin antimikrobiyal aktivite sergilediği rapor edilmiştir. Staphylococcus aureus, Bacillus subtilis ve Escherichia coli gibi patojen mikroorganizmalara karşı inhibitör etki gözlenmiş; bu etkinliğin hücre zarı bütünlüğünün bozulması ve hücresel enzimlerin inhibisyonu yoluyla gerçekleştiği öne sürülmüştür (Tian, Zhan, & Li, 2010; Manzoor ve ark., 2021b). Ayrıca bazı maya ve küf türlerinin büyümesinin baskılanması, elma çekirdeği bileşenlerinin antifungal potansiyelini de ortaya koymaktadır (Mustafa, Khalil, & Mohammed, 2020). Bu özellikler, çekirdek türevlerinin doğal koruyucu (preservatif) olarak kullanımına olanak tanıyabilir.

3.4. Antikanser Potansiyel

Literatürde elma çekirdeği ekstraktlarının çeşitli kanser hücre hatları üzerinde sitotoksik etki gösterdiği bildirilmektedir. In vitro çalışmalar; meme kanseri (MCF-7), rahim ağzı kanseri (HeLa) ve akciğer karsinoması (A549) hücrelerinde hücre proliferasyonunun baskılandığını ve apoptozun indüklendiğini göstermektedir (Walia ve ark., 2014; Mustafa ve ark., 2018). Bu etkilerin, reaktif oksijen türlerinin modülasyonu, mitokondriyal yolakların aktivasyonu ve hücre döngüsü duraksaması ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Ancak bu sonuçların klinik uygulamalara aktarılabilmesi için ileri in vivo ve klinik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

3.5. Kardiyoprotektif Etkiler

Elma çekirdeği yağının yüksek oranda içerdiği linoleik ve oleik asit gibi doymamış yağ asitleri, plazma lipid profilinin düzenlenmesine katkı sağlayarak kardiyovasküler hastalık riskinin azaltılmasında rol oynayabilmektedir (Yu ve ark., 2007; Abbas, Anwar, & Ahmad, 2019). Ayrıca β-sitosterol gibi fitosterollerin bağırsaklardan kolesterol emilimini inhibe ederek serum LDL-kolesterol düzeylerini düşürdüğü ve ateroskleroz gelişimine karşı koruyucu etki gösterdiği bildirilmektedir (Arain ve ark., 2012).

3.6. Güvenlik ve Biyoyararlanım Açısından Değerlendirme

Tüm bu biyolojik ve fonksiyonel faydalara rağmen, elma çekirdeklerinde bulunan ve hidroliz sonucu siyanür salınımına neden olabilen amigdalin içeriği, bu materyallerin doğrudan tüketiminde ve endüstriyel kullanımında dikkatle yönetilmesi gereken temel bir güvenlik sınırlayıcısıdır (Bolarinwa, Orfila, & Morgan, 2015). Bu nedenle, biyolojik etkinliklerin değerlendirilmesinde yalnızca etkinlik değil; aynı zamanda doz, biyoyararlanım ve toksikolojik güvenlik parametrelerinin birlikte ele alınması büyük önem taşımaktadır.

4. Endüstriyel Değerlendirme ve Sürdürülebilirlik

Meyve işleme endüstrisi, meyve suyu, püre, konsantre ve kurutulmuş ürünlerin üretimi sırasında her yıl milyonlarca ton biyokütle yan ürünü ortaya çıkarmaktadır. Kabuk, posa ve çekirdek fraksiyonlarından oluşan bu yan ürünler, yüksek karbonhidrat, protein, lipid ve biyoaktif bileşik içeriğine sahip olmalarına rağmen uzun yıllar boyunca düşük katma değerli materyaller olarak değerlendirilmiştir. Günümüzde ise bu biyokütlenin “atık değerleme” (waste valorization) yaklaşımlarıyla yeniden kazanılması, döngüsel ekonomi ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin temel bileşenlerinden biri hâline gelmiştir (Gasparini ve ark., 2023;

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Wang ve ark., 2025). Elma (*Malus domestica*) ve diğer meyve çekirdekleri, geleneksel olarak hayvan yemi veya organik gübre olarak kullanılsa da; yağ asitleri, proteinler, fenolik bileşikler ve fitosteroller bakımından zengin bileşimleri sayesinde günümüzde fonksiyonel gıda, kozmetik, farmasötik ve teknik uygulamalar için stratejik bir hammadde kaynağı olarak değerlendirilmektedir (Kumar ve ark., 2022).

4.1. Türkiye Özelinde Elma Yan Ürün Potansiyeli

Türkiye, sahip olduğu iklim çeşitliliği, farklı rakım kuşakları ve zengin genetik kaynakları sayesinde dünya elma üretiminde önde gelen ülkeler arasında yer almaktadır. İç Anadolu, Ege, Akdeniz ve Doğu Anadolu bölgeleri başta olmak üzere; Isparta, Karaman, Niğde, Denizli ve Antalya illeri ülke elma üretiminin büyük bölümünü karşılamaktadır. Yıllık üretimin 4 milyon tonun üzerinde seyretmesi, Türkiye'yi elma işleme sanayisi açısından da önemli bir merkez hâline getirmektedir. Meyve suyu, konsantre ve püre üretimi sırasında ortaya çıkan yan ürünlerin %25–35'ini çekirdek ve posa fraksiyonları oluşturmaktadır. Bu durum, Türkiye'de her yıl yüz binlerce ton elma çekirdeği kökenli biyokütlenin ortaya çıktığını göstermektedir. Ancak bu potansiyel, büyük ölçüde düşük katma değerli uygulamalarla sınırlı kalmaktadır. Oysa elma çekirdekleri; yağ, protein, floridzin başta olmak üzere fenolik bileşikler ve fitosteroller açısından zengin yapıları sayesinde yüksek katma değerli biyoproduktlerin üretimine olanak tanımaktadır. Türkiye florasında yer alan yerel ve ata elma çeşitleri ile yabani *Malus* türleri, çekirdek bileşimi açısından kültür çeşitlerinden farklılık göstermekte; bazı Anadolu genotiplerinde daha yüksek toplam fenolik içerik ve antioksidan kapasite rapor edilmektedir. Bu durum, Türkiye menşeli elma çekirdeklerinin biyolojik aktivite ve fonksiyonel bileşen zenginliği açısından uluslararası pazarda rekabet avantajı sunabileceğini ortaya koymaktadır.

4.2. Ekstraksiyon Yöntemleri ve Proses Teknolojileri

Elma çekirdeklerinden yağ ve biyoaktif bileşenlerin elde edilmesinde kullanılan ekstraksiyon yöntemleri, ürün kalitesi, verim ve çevresel sürdürülebilirlik açısından belirleyici rol oynamaktadır. Geleneksel n-hekzan ekstraksiyonu yüksek yağ verimi sağlamakla birlikte, toksik çözücü kullanımı ve çevresel riskler nedeniyle yerini daha çevreci alternatiflere bırakmaktadır (Wang ve ark., 2025). Bu kapsamda Süperkritik CO_2 Ekstraksiyonu (SFE), düşük sıcaklıkta çalışması, çözücü kalıntısı bırakmaması ve termolabil biyoaktif bileşenleri koruması nedeniyle öne çıkmaktadır. Ayrıca elma çekirdeklerinde bulunan ve toksik bir glikozit olan amigdalinin yağ fazına geçişini büyük ölçüde engelleyerek daha güvenli bir ürün elde edilmesini sağlamaktadır (Ferrentino ve ark., 2020).

Ultrasonik Destekli Ekstraksiyon (UAE) ve Ultrasonik-Enzimatik Destekli Ekstraksiyon (UAEE) yöntemleri ise hücre duvarlarının mekanik ve biyokimyasal olarak parçalanmasını sağlayarak ekstraksiyon süresini kısaltmakta ve yağ verimini %23–25 seviyelerine kadar yükseltebilmektedir (Ezeh ve ark., 2016; Wang ve ark., 2025). Buna ek olarak, yarı biyonik ekstraksiyon yaklaşımları ve dimetil karbonat (DMC) gibi yeşil çözücülerin kullanımı, proseslerin çevresel ayak izini azaltmakta ve endüstriyel ölçeklenebilirliği desteklemektedir.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

4.3. Gıda, Kozmetik, Farmasötik ve Teknik Uygulamalar

Elma çekirdeği türevlerinin endüstriyel uygulama alanları oldukça geniştir:

- Gıda Endüstrisi:

Elma çekirdeği yağı, yüksek linoleik ve oleik asit içeriği sayesinde fonksiyonel yağ bileşeni olarak değerlendirilebilirken; çekirdek unları unlu mamuller ve fonksiyonel gıdalarda lif ve protein zenginleştirici olarak kullanılmaktadır (Abbas ve ark., 2019; Kumar ve ark., 2022). Fenolik ekstraktlar ise doğal antioksidan ve raf ömrü uzatıcı ajanlar olarak gıda formülasyonlarında sentetik katkılara alternatif sunmaktadır.

- Kozmetik Endüstrisi:

Yüksek tokoferol ve fitosterol içeriği sayesinde elma çekirdeği yağları, nemlendirici, yaşlanma karşıtı ve UV koruyucu ürünlerde hammadde olarak tercih edilmektedir (Tan & Ghazali, 2019). Özellikle acı elma (Citrullus colocynthis) çekirdeği özütlerinin antioksidan ve antiinflamatuar özellikleri, cilt sağlığını destekleyici formülasyonlarda kullanımını teşvik etmektedir.

- Farmasötik ve Nutraseutik Uygulamalar:

Floridzin ve diğer fenolik bileşikler; tip 2 diyabet, obezite ve dislipidemi yönetimine yönelik ilaç ve besin takviyelerinin geliştirilmesinde potansiyel sunmaktadır (Ci ve ark., 2018). Ayrıca elma çekirdeği ekstraktlarının yeşil sentez yöntemiyle gümüş nanopartikül (Ag-NPs) üretiminde kullanılması, bu nanopartiküllerin antikanser ve antibakteriyel ajanlar olarak değerlendirilmesine olanak tanımaktadır (El-Beltagi ve ark., 2025).

- Teknik Uygulamalar:

Elma çekirdeği yağlarından elde edilen biyolojik olarak parçalanabilir biyo-yağlayıcılar, petrol bazlı ürünlere çevre dostu bir alternatif sunmakta ve endüstriyel sürdürülebilirliği desteklemektedir (Teshome ve ark., 2025).

4.4. Sürdürülebilirlik Perspektifi ve Türkiye İçin Stratejik Önemi

Türkiye'de elma çekirdeği yan ürünlerinin entegre biyo-rafinasyon yaklaşımlarıyla değerlendirilmesi; tarımsal atık miktarının azaltılması, kırsal bölgelerde katma değerli üretimin teşvik edilmesi ve gıda sanayisinin çevresel ayak izinin düşürülmesi açısından stratejik bir öneme sahiptir. Özellikle elma üretiminin yoğunlaştığı bölgelerde kurulabilecek entegre tesisler, döngüsel ekonomi modelinin uygulanabilirliğini artırarak Türkiye'nin yeşil kalkınma hedeflerine katkı sağlayabilir.

5. Ekonomik Fizibilite ve Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA)

Meyve işleme endüstrisinde ortaya çıkan yan ürünlerin, özellikle de çekirdek fraksiyonlarının katma değerli ürünlere dönüştürülmesi, döngüsel biyoekonomiye geçiş sürecinde stratejik bir rol oynamaktadır. Geleneksel olarak düşük ekonomik değere sahip atıklar veya hayvan yemi olarak değerlendirilen bu biyokütlelerin valorization yaklaşımlarıyla geri kazanılması; işletmeler açısından atık yönetimi maliyetlerini azaltırken, yeni ve sürdürülebilir gelir modellerinin geliştirilmesine olanak tanımaktadır (Ramadan, 2019; Wadhwa & Bakshi, 2013; Wang ve ark., 2025). Bu yaklaşım, aynı zamanda doğal kaynakların daha verimli kullanılması ve çevresel yüklerin azaltılması açısından da önemli kazanımlar sunmaktadır.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

5.1. Ekonomik Fizibilite Analizi

Bir meyve çekirdeği işleme tesisinin ekonomik açıdan uygulanabilirliği; hammadde arzının sürekliliği ve yoğunluğu, lojistik ve depolama koşulları, seçilen ekstraksiyon teknolojisi ve elde edilen nihai ürünlerin (yağ, protein, fenolik ekstrakt, biyo-yakıt veya teknik yağlar) pazar değeri gibi çok sayıda parametreye bağlıdır (Weihrauch & Teter, 1994). Özellikle meyve işleme tesislerine entegre edilen çekirdek işleme üniteleri, ilave hammadde maliyeti gerektirmeden üretim yapılmasına olanak tanıyarak proses ekonomisini önemli ölçüde iyileştirmektedir.

Manketti (Schinziophyton rautanenii) çekirdeklerinden elde edilen yağın yüksek verimi ve kozmetik sektöründeki niş pazar değeri sayesinde endüstriyel ölçekte ekonomik açıdan başarılı bir örnek sunduğu bildirilmektedir. Benzer şekilde, crambe ve elma çekirdeklerinin üretim maliyetlerinin; kanola ve ayçiçeği gibi geleneksel yağlı tohumlara kıyasla daha düşük olması, bu atık bazlı hammaddelerin biyo-yakıt ve biyolojik yağlayıcı üretiminde rekabet gücünü artırmaktadır (Bassegio ve ark., 2016; Jasper ve ark., 2010; Wang ve ark., 2025).

Elma çekirdeklerinden yağ ekstraksiyonu sonrasında geriye kalan pres keki (küspe), yüksek protein ve mineral içeriği sayesinde hayvan yemi veya organik gübre olarak değerlendirilebilmekte; bu durum, entegre üretim zinciri içerisinde ilave ekonomik değer yaratmaktadır (Kamel, deMan, & Blackman, 1982). Türkiye özelinde bakıldığında, elma üretiminin yoğunlaştığı bölgelerde bu tür entegre tesislerin kurulması, özellikle küçük ve orta ölçekli işletmeler için yan ürün bazlı sürdürülebilir gelir modellerinin geliştirilmesini mümkün kılmaktadır.

5.2. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA) ve Çevresel Sürdürülebilirlik

Yaşam döngüsü değerlendirmesi (Life Cycle Assessment, LCA) perspektifinden ele alındığında, elma ve diğer meyve çekirdeklerinin katma değerli ürünlere dönüştürülmesi; çevresel atık yükünün azaltılması, sera gazı emisyonlarının düşürülmesi ve doğal kaynakların korunması açısından önemli avantajlar sağlamaktadır (Bangar ve ark., 2021; Ferrentino ve ark., 2020). Geleneksel ekstraksiyon süreçlerinde yaygın olarak kullanılan n-hekzan gibi organik çözücüler, toksik etkileri ve fotokimyasal ozon oluşumuna katkıları nedeniyle yüksek çevresel risk taşımaktadır (Hanmoungjai ve ark., 2000; Wang ve ark., 2025).

Buna karşılık, Süperkritik CO_2 Ekstraksiyonu (SFE), ultrasonik destekli ekstraksiyon ve dimetil karbonat (DMC) gibi yeşil çözücü temelli yöntemler; daha düşük karbon ayak izi, daha az enerji tüketimi ve çözücü kalıntısı içermeyen ürünler sunarak çevresel sürdürülebilirliği önemli ölçüde artırmaktadır (Ferrentino ve ark., 2020; Wang ve ark., 2025). LCA çalışmalarında, elma çekirdeği bazlı yağ ve biyoproduktlerin, petrol bazlı veya sentetik muadillerine kıyasla daha düşük çevresel etkiye sahip olduğu rapor edilmektedir. Meyve çekirdeklerinin biyo-dizel veya biyolojik olarak parçalanabilir biyo-yağlayıcılara dönüştürülmesi, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltarak kapalı bir karbon döngüsünün oluşturulmasına katkı sağlamaktadır (Baranitharan ve ark., 2025; Teshome ve ark., 2025). Bu durum, hem enerji güvenliği hem de iklim değişikliğiyle mücadele hedefleriyle doğrudan uyum göstermektedir.

5.3. Türkiye İçin Değerlendirme ve Gelecek Perspektifi

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Türkiye'nin yüksek elma üretim kapasitesi, gelişmiş meyve işleme altyapısı ve zengin genetik çeşitliliği dikkate alındığında; elma çekirdeği yan ürünlerinin valorization yoluyla değerlendirilmesi, ülke için stratejik bir biyoekonomi fırsatı sunmaktadır. Türkiye özelinde gerçekleştirilecek LCA ve ekonomik fizibilite analizleri, yerel enerji kaynakları, lojistik avantajlar ve bölgesel üretim yoğunlukları dikkate alınarak optimize edilmiş proses tasarımlarının geliştirilmesine olanak tanıyacaktır.

Gelecekte yapılacak çalışmaların; Türkiye kökenli elma çekirdeği genotiplerinin detaylı bileşim analizleri, biyoyararlanım ve toksikolojik güvenlik değerlendirmeleri, pilot ve endüstriyel ölçekli proses optimizasyonları ile bütüncül yaşam döngüsü analizlerine odaklanması gerekmektedir. Bu disiplinlerarası yaklaşım, elma çekirdeği yan ürünlerinin Türkiye merkezli sürdürülebilir biyoekonomi ve yeşil sanayi sistemlerine etkin biçimde entegre edilmesini mümkün kılacaktır.

6. SONUÇ

Bu derleme çalışması, elma (*Malus domestica*) çekirdeklerinin geleneksel olarak düşük katma değerli bir agro-endüstriyel atık olarak görülmesine karşın, sahip oldukları zengin biyoaktif bileşim ve çok yönlü biyolojik aktiviteler sayesinde yüksek potansiyelli bir fonksiyonel hammadde kaynağı olduğunu ortaya koymaktadır. Elma çekirdeklerinin yüksek protein ve lipid içeriği, linoleik ve oleik asit bakımından zengin yağ asidi profili, floridzin başta olmak üzere fenolik bileşikler, tokoferoller ve fitosteroller açısından dikkate değer bir kompozisyona sahip olduğu literatür verileriyle açıkça desteklenmektedir. Mevcut bulgular, elma çekirdeği ve türevlerinin antioksidan, antidiyabetik, antiobezite, antimikrobiyal, antikanser ve kardiyoprotektif etkiler sergileyebileceğini göstermekte; bu biyolojik aktivitelerin büyük ölçüde fenolik bileşikler ile doymamış yağ asitlerinin sinerjik etkileşimlerinden kaynaklandığını düşündürmektedir. Bununla birlikte, bu etkilerin önemli bir kısmının in vitro ve sınırlı sayıda in vivo çalışmalara dayandığı, klinik düzeyde kanıtların ise hâlen yetersiz olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

Elma çekirdeklerinin endüstriyel ölçekte değerlendirilmesinde en önemli sınırlayıcı faktörlerden biri, amigdalin gibi siyanojenik glikozitlerin varlığıdır. Ancak süperkritik CO_2, ultrasonik ve enzimatik destekli ekstraksiyon gibi modern ve çevre dostu teknolojilerin kullanımı, hem biyoaktif bileşenlerin seçici biçimde geri kazanılmasını hem de potansiyel toksik bileşenlerin ürüne geçişinin sınırlandırılmasını mümkün kılmaktadır. Bu durum, elma çekirdeği bazlı ürünlerin gıda, kozmetik ve farmasötik uygulamalarda güvenli biçimde kullanılabilmesi açısından kritik bir avantaj sunmaktadır. Ekonomik fizibilite ve yaşam döngüsü değerlendirmeleri, elma çekirdeği yan ürünlerinin valorization yoluyla değerlendirilmesinin; atık yönetimi maliyetlerini azaltırken, fosil bazlı hammaddelere kıyasla daha düşük çevresel ayak izine sahip sürdürülebilir üretim zincirlerinin oluşturulmasına katkı sağladığını göstermektedir. Özellikle Türkiye gibi yüksek elma üretim kapasitesine ve zengin genetik çeşitliliğe sahip ülkelerde, elma çekirdeği yan ürünlerinin entegre biyo-rafinasyon yaklaşımlarıyla değerlendirilmesi, döngüsel biyoekonomi ve yeşil sanayi hedefleri açısından stratejik bir fırsat sunmaktadır.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Sonuç olarak, elma çekirdekleri yalnızca bir tarımsal atık değil; kontrollü işleme, uygun teknolojik yaklaşımlar ve bilimsel temelli güvenlik değerlendirmeleriyle yüksek katma değerli biyoproduktlere dönüştürülebilecek sürdürülebilir bir doğal kaynak niteliğindedir. Gelecekte yapılacak çalışmaların; Türkiye kökenli elma genotiplerinin detaylı bileşim analizleri, biyoyararlanım ve toksikolojik güvenlik değerlendirmeleri, pilot ve endüstriyel ölçekli proses optimizasyonları ile klinik düzeyde etki çalışmalarına odaklanması, bu potansiyelin etkin biçimde hayata geçirilmesini sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Abbas, A., Anwar, F., ve Ahmad, N. (2019). Apple (*Malus pumila*) seed oil. M. F. Ramadan (Ed.), Fruit Oils: Chemistry and Functionality içinde (ss. 495-504). İsviçre: Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-030-12473-1_24

Almutairi, H. H., El-Beltagi, H. S., Elakkad, H. A., Alhajri, A. S., Eid, W., Aladhali, Z., ... ve Osman, A. O. (2025). The antioxidant, anticancer, and antimicrobial properties of bioactive compounds in bitter apple seed extract and their application in preserving minced beef. Polish Journal of Environmental Studies, 1-12. https://doi.org/10.15244/pjoes/208253

Alves, E., Simoes, A., ve Domingues, M. R. (2021). Fruit seeds and their oils as promising sources of value-added lipids from agro-industrial byproducts: oil content, lipid composition, lipid analysis, biological activity and potential biotechnological applications. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 61(8), 1305-1339. https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1757617

Andrade, M. A., Lima, V., Silva, A. S., Vilarinho, F., Castilho, M. C., Khwaldia, K., ve Ramos, F. (2019). Pomegranate and grape by-products and their active compounds: Are they a valuable source for food applications? Trends in Food Science & Technology, 86, 68–84. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.010

Arain, S., Sherazi, S. T. H., Bhanger, M. I., Memon, N., Mahesar, S. A., ve Rajput, M. T. (2012). Prospects of fatty acid profile and bioactive composition from lipid seeds for the discrimination of apple varieties with the application of chemometrics. Grasas Y Aceites, 63(2), 175–183. https://doi.org/10.3989/gya.082811.

Baranitharan, P., Elaiyarasan, U., ve Sriariyanun, M. (2025). Utilization of stone apple seed biomass and discarded X-ray film blend for kinetic and thermodynamic attribute analysis for efficient energy refinery. Biomass Conversion and Biorefinery, 15, 25023–25033. https://doi.org/10.1007/s13399-025-06826-9

Bassegio, D., Zanotto, M. D., Santos, R. F., ve Werncke, I. (2016). Crambe as an alternative oilseed crop. Industrial Crops and Products, 89, 311–318. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.05.032

Blidi, S., Bikaki, M., Grigorakis, S., Loupassaki, S., ve Makris, D. P. (2015). A comparative evaluation of bio-solvents for the efficient extraction of polyphenolic phytochemicals: Apple

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

waste peels as a case study. Waste and Biomass Valorization, 6(6), 1125–1133. https://doi.org/10.1007/s12649-015-9410-3

Bolarinwa, I. F., Orfila, C., ve Morgan, M. R. (2015). Determination of amygdalin in apple seeds, fresh apples and processed apple juices. Food Chemistry, 170, 437–442. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.08.083

Ci, Z., Kikuchi, K., Hatsuzawa, A., Nakai, A., Jiang, C., Itadani, A., ve Kojima, M. (2018). Antioxidant activity, and α-glucosidase, α-amylase and lipase inhibitory activity of polyphenols in flesh, peel, core and seed from mini apple. American Journal of Food Science and Technology, 6(6), 258-262. https://doi.org/10.12691/ajfst-6-6-5

Dadwal, V., Agrawal, H., Sonkhla, K., Joshi, R., ve Gupta, M. (2018). Characterization of phenolics, amino acids, fatty acids and antioxidant activity in pulp and seeds of high altitude Himalayan crab apple fruits (*Malus baccata*). Journal of Food Science and Technology, 55(6), 2160–2169. https://doi.org/10.1007/s13197-018-3133-y

Duda-Chodak, A., Tarko, T., ve Tuszyński, T. (2011). Antioxidant activity of apple seed extracts. Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria, 10(3), 293-302. https://www.food.actapol.net/pub/6_3_2011.pdf

El-Beltagi, H. S., Osman, A., Rezk, A. A., Eid, W., Shehata, W. F., Elakkad, H. A., ... ve El-Saber, M. M. (2025). Biosynthesis of silver nanoparticles using bitter apple seed extract: Anticancer and antibacterial activities. Waste and Biomass Valorization, 17, 173–185. https://doi.org/10.1007/s12649-025-03108-3

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2024). FAOSTAT statistical database: Crops and livestock products. Rome, Italy: FAO. Retrieved January 24, 2026, from https://www.fao.org/faostat

Ferrentino, G., Morozova, K., Mosca, A. C., ve Scampicchio, M. (2020). Extraction of bioactive compounds from food by-products: Applications of supercritical fluid extraction. Trends in Food Science & Technology, 99, 395–410. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.008

Fromm, M., Bayha, S., Kammerer, D. R., ve Carle, R. (2012). Identification and quantitation of phenolic compounds in apple seeds. Food Chemistry, 134(2), 1082–1088. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.03.003

Gasparini, M., Zuin, S., ve Baldasso, C. (2023). Food waste valorization and circular economy approaches. Journal of Cleaner Production, 382, 135287. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135287

Górnaś, P. (2015). Unique variability of tocopherol composition in various seed oils recovered from by-products of apple industry: Rapid and simple determination of all four homologues (a, b, c and d) by RP-HPLC/FLD. Food Chemistry, 172, 129–134. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.051

Gupta, P. D., ve Birdi, T. J. (2017). Development of botanicals to combat antibiotic resistance. Journal of Ayurveda and Integrative Medicine, 8(4), 266-275. https://doi.org/10.1016/j.jaim.2017.05.004

Hanmoungjai, P., Pyle, D. L., ve Niranjan, K. (2000). Extraction of rice bran oil using aqueous media. Journal of Chemical Technology & Biotechnology, 75(5), 348–352. https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4660(200005)75:5<348::AID-JCTB233>3.0.CO;2-P.

Idowu, D. A., Umoren, O. D., Ibraheem, K. S., Osifeso, O. O., Nzereogu, I. J., Akinbola, S. A., ve Durodola, T. A. (2025). Characterization and application of activated carbon from African star apple (Chrysophyllum albidum G. Don) seed testa in the adsorption of eosin red (ER) from industrial wastewater. World News of Natural Sciences, 60, 455-465. http://www.worldnewsnaturalsciences.com

Jasper, S. P., Biaggioni, M. A. M., Silva, P. R. A., ve Seki, A. S. (2010). Evaluation of alternative oilseeds for biodiesel production. Fuel, 89(12), 3939–3944. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2010.05.021

Joshi, A. C., Dutta, D. P., ve Ravuri, B. R. (2025). Core@shell Bi2S3@Bi2O3 composites with custard apple seed-derived carbon as a high-performance anode material for sodium-ion batteries. Sustainable Energy & Fuels, 9, 2973. https://doi.org/10.1039/d5se00184f

Kamel, B. S., deMan, J. M., ve Blackman, B. (1982). Nutritional, fatty acid and oil characteristics of different agricultural seeds. Journal of Food Technology, 17, 263-269. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1982.tb01021.x

Kumar, M., Barbhai, M. D., Esatbeyoglu, T., Zhang, B., Sheri, V., Dhumal, S., ... ve Lorenzo, J. M. (2022). Apple (*Malus domestica* Borkh.) seed: A review on health promoting bioactivities and its application as functional food ingredient. Food Bioscience, 50, 102155. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.102155

Kumar, M., Changan, S., Tomar, M., Prajapati, U., Saurabh, V., Hasan, M., ... ve Mekhemar, M. (2021). Custard Apple (Annona squamosa L.) Leaves: Nutritional Composition, Phytochemical Profile, and Health-Promoting Biological Activities. Biomolecules, 11(5), 614. https://doi.org/10.3390/biom11050614

Mahawar, M. K., Singh, A., ve Jalgaonkar, K. (2012). Utilization of fruit processing waste: A review. Journal of Food Science and Technology, 49(4), 429–442. https://doi.org/10.1007/s13197-011-0437-0

Manzoor, M., Singh, J., ve Gani, A. (2021). Characterization of apple (*Malus domestica*) seed flour for its structural and nutraceutical potential. LWT - Food Science and Technology, 151, 112138. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112138

Mishko, A., Sundyreva, M., Stepanov, I., Efimenko, S., Plotnikov, V., ve Nenko, N. (2021). Isolation of high-quality RNA from plant seeds. Biological Communications, 66(2), 144–150. https://doi.org/10.21638/spbu03.2021.205

Mustafa, A. I., Khalil, E. A., ve Mohammed, M. A. (2020). Antimicrobial activity of apple seed extracts against foodborne pathogens. Journal of Food Safety, 40(3), e12809. https://doi.org/10.1111/jfs.12809

Musacchi, S., ve Serra, S. (2018). Apple fruit quality: Overview on pre-harvest factors. Scientia Horticulturae, 234, 409–430. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.057

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Punia Bangar, S., Kumar, M., Whiteside, W. S., Tomar, M., ve Kennedy, J. F. (2021). Litchi (Litchi chinensis) seed starch: Structure, properties, and applications - A review. Carbohydrate Polymer Technologies and Applications, 2, 100080. https://doi.org/10.1016/j.carpta.2021.100080

Ramadan, M. F. (2019). Fruit by-products as sources of functional oils and nutraceuticals. Journal of Food Science, 84(12), 3411–3423. https://doi.org/10.1111/1750-3841.14917

Şimşek, E. (2008). Ölümsüzlük ilacı elma. Turkish Studies, 3(5), 193-204. https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.463

Şimşek, A. (2008). Anadolu'da elma yetiştiriciliğinin tarihsel gelişimi. Türkiye Tarım Tarihi Dergisi, 5, 45–58. https://dergipark.org.tr/tr/

Shahbandeh, M. (2019). Major apple producing countries worldwide 2018/2019. Statista. https://www.statista.com/statistics/279555/global-top-apple-producing-countries/

Teshome, A. G., Tumsa, Z., Tesfaye, M., ve Satheesh, N. (2025). Synthesis and characterization of bio-lubricant from Citrullus colocynthis L. (Bitter Apple) seed oil: A two-step transesterification approach. Industrial Crops and Products, 231, 121218. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2025.121218

Yu, X., Van de Voort, F. R., ve Li, Z. (2007). Lipid characteristics of apple seed oil. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55(23), 9102–9107. https://doi.org/10.1021/jf0721245

Walia, H., Kumar, S., Arora, S., ve Malik, S. (2014). Cytotoxic and apoptotic effects of apple seed extract on cancer cell lines. Journal of Food Biochemistry, 38(2), 175–183. https://doi.org/10.1111/jfbc.12035

Wadhwa, M., ve Bakshi, M. P. S. (2013). Utilization of fruit and vegetable wastes as livestock feed. Agricultural Reviews, 34(3), 189–197. https://arccjournals.com/journal/agricultural-reviews/AR-409

Wang, L., Wang, H., Fan, J., Chen, J., ve Han, Z. (2025). Optimization of apple seed oil extraction process using ultrasound-assisted enzymatic and semi-bionic methods with sustainable solvents. Waste and Biomass Valorization. https://doi.org/10.1007/s12649-025-03444-4

Weihrauch, J. L., ve Teter, B. B. (1994). Vegetable oils: Economic considerations and industrial applications. Journal of the American Oil Chemists' Society, 71(2), 157–165. https://doi.org/10.1007/BF02541542

Xu, Y., Fan, M., Ran, J., Zhang, T., Sun, H., Dong, M., ve Zhang, Z. (2016). Comparative analysis of antioxidant activity of apple peel, flesh, and seed. Food Chemistry, 211, 34–40. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.051.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Q2 OKSİJEN TÜKETİM TEKNOLOJİSİ KULLANILARAK TOHUM ÇİMLENMESİ VE GÜCÜNÜN DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. Öğr. Üyesi, Elif ÇATIKKAŞ
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi/Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü
eliffcatikkas@gmail.com - ORCID ID: 0000-0002-0661-0219

Dr. Öğr. Üyesi, Said Efe DOST
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi/Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü
Saidefe.dost@gmail.com - ORCID ID: 0000-0003-4279-7292

Özet

Tohum kalitesinin hızlı, objektif ve tahribatsız olarak değerlendirilmesi, modern tohum teknolojisinde giderek daha önemli hale gelmektedir. Q2 (oksijen algılamaya dayalı tek tohum solunum analiz sistemi) teknolojisi, tohumların imbibisyon süreci boyunca bireysel oksijen tüketim dinamiklerinin izlenmesine dayanan yenilikçi bir yaklaşımdır. Kapalı mikro kuyucuklarda yer alan floresans tabanlı oksijen sensörleri aracılığıyla oksijen azalımı zamana bağlı olarak kaydedilmekte ve bu verilerden Gelişmiş Tohum Teknolojisi Değerlendirme Kriterleri (Advanced Seed Technology Evaluation Criteria, ASTEC) kapsamında çeşitli solunumsal indeksler hesaplanmaktadır. Bu indeksler; Metabolizma Artış Zamanı (Increased Metabolism Time, IMT), Oksijen Metabolizma Hızı (Oxygen Metabolism Rate, OMR), Kritik Oksijen Basıncı (Critical Oxygen Pressure, COP), Göreceli Çimlenme Zamanı (Relative Germination Time, RGT) ve Metabolik Homojenlik (Homogeneity of Metabolism, HOM) değerlerini içermektedir. Literatürde bildirilen çalışmalar, kontrol, yapay olarak yaşlandırılmış ve priming uygulanmış tohumlar arasında oksijen tüketim eğrilerinin belirgin farklılıklar gösterdiğini ortaya koymaktadır. Özellikle domates, biber ve şeker pancarı gibi türlerde, priming uygulamalarının daha hızlı, daha homojen ve daha yüksek oksijen tüketimi ile ilişkili olduğu bildirilmektedir. Bununla birlikte, ASTEC indeksleri ile standart çimlenme testleri, tohum canlılığı parametreleri ve tarla çıkışı arasındaki ilişkilerin genellikle düşük veya orta düzeyde olduğu belirtilmektedir. Sonuç olarak, Q2 teknolojisi doğrudan tohum kalitesi veya tarla performansının güçlü bir öngörücüsü olmaktan ziyade, tohum solunum aktivitesini ve parti içi heterojenliği karakterize eden tamamlayıcı bir araç olarak değerlendirilmelidir. Bu yönüyle Q2, tohumların fizyolojik durumunun daha bütüncül bir şekilde anlaşılmasına katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Q2 teknolojisi, oksijen tüketimi, tohum solunumu, tohum gücü, çimlenme

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

ASSESSMENT OF SEED GERMINATION AND VIGOR USING Q2 OXYGEN CONSUMPTION TECHNOLOGY

ABSTRACT

The rapid, objective, and non-destructive evaluation of seed quality has become an essential requirement in modern seed technology. Q2 (oxygen sensing based single-seed respiration analysis) technology is an innovative analytical approach based on monitoring the oxygen consumption dynamics of individual seeds during the imbibition process. Using fluorescence-based oxygen sensors in sealed micro-wells, oxygen depletion is recorded over time, and several respiratory indices derived from the Advanced Seed Technology Evaluation Criteria (ASTEC) are calculated. These indices include Increased Metabolism Time (IMT), Oxygen Metabolism Rate (OMR), Critical Oxygen Pressure (COP), Relative Germination Time (RGT), and Homogeneity of Metabolism (HOM). Studies reported in the literature demonstrate clear differences in oxygen consumption curves among control, artificially aged, and primed seeds. In particular, in species such as tomato, pepper, and sugar beet, seed priming treatments have been associated with faster, more uniform, and higher oxygen consumption patterns. However, correlations between ASTEC-derived indices and standard germination tests, seed vigour parameters, and field emergence are generally reported to be low to moderate. In conclusion, rather than serving as a direct predictor of seed quality or field performance, Q2 technology should be considered a powerful complementary tool for characterizing seed respiratory activity and within-lot heterogeneity, thereby contributing to a more comprehensive understanding of seed physiological status.

Keywords: Q2 technology, oxygen consumption, seed respiration, seed vigor, germination

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

1. GİRİŞ

Solunum, bitkilerde metabolik süreçlerin bütüncül bir göstergesi olup büyüme ve gelişme için gerekli enerjinin üretilmesinde temel bir role sahiptir. Kuru tohumlarda solunum aktivitesinin, imbibisyonu takiben çok kısa bir süre içerisinde, genellikle doku hidrasyonundan sonraki ilk dakikalar ya da saatler içinde başladığı bildirilmiştir (Hourmant ve Pradet, 1981). Çoğu tohum türünde çimlenmenin tamamlanabilmesi için oksidatif solunumun zorunlu olduğu ve oksijen mevcudiyetinin çimlenme başarısını doğrudan etkilediği ortaya konulmuştur (Al-Ani vd., 1985; Corbineau ve Côme, 1995).

İmbibisyon süreci ilerledikçe, tohumun morfolojik yapısına, embriyoyu çevreleyen dokuların tipine ve fizyolojik özelliklerine bağlı olarak solunum hızlarında artış meydana gelmekte; bu artış genellikle radikula çıkışından önce bir plato seviyesine ulaşmakta ve radikula çıkışının ardından yeniden hızlanmaktadır (Woodstock ve Grabe, 1967; Dahal vd., 1996). Bununla birlikte, bitki türleri arasında imbibisyon ve çimlenme sırasında oksijen gereksinimleri açısından belirgin farklılıklar bulunduğu, bu gereksinimlerin dormansi durumu, hasat sonrası olgunlaşma (after-ripening) ve priming gibi fizyolojik süreçlere bağlı olarak değişebildiği bildirilmektedir (Patane vd., 2006; Bradford vd., 2007; Bradford vd., 2008). Ayrıca bazı türlerde embriyoyu çevreleyen dokuların oksijen geçirgenliği ya da bu dokuların oksijeni absorplama kapasitesinin, çimlenmenin düzenlenmesinde sınırlayıcı veya kontrol edici bir faktör olabildiği vurgulanmıştır (Edelstein vd., 1995; Benech-Arnold vd., 2006; Edelstein ve Welbaum, 2011).

Son yıllarda geliştirilen floresans temelli oksijen ölçümüne dayalı Q2 teknolojisi, imbibisyonun erken evrelerinden itibaren tek tek tohumların solunumsal aktivitelerinin otomatik ve yüksek çözünürlükle izlenmesine olanak sağlamaktadır. Bu teknoloji kullanılarak elde edilen oksijen tüketim eğrilerinden türetilen indekslerin, farklı türler ve tohum partileri arasında tohum gücü ve çimlenme performansı ile yakından ilişkili olduğu gösterilmiştir (Bradford vd., 2013). Geleneksel çimlenme testlerinin uzun süre gerektirmesi ve özellikle stres koşullarını yeterince yansıtamaması göz önünde bulundurulduğunda, solunuma dayalı bu yaklaşımın tek tohum düzeyinde hızlı, tahribatsız ve yenilikçi bir tohum kalite değerlendirme yöntemi sunduğu ifade edilmektedir (Sadhana vd., 2024).

2. Q2 OKSİJEN TÜKETİM TEKNOLOJİSİNİN PRENSİBİ

Q2 cihazı; veri toplama ve analizine yönelik yazılım ile entegre bir ölçüm sisteminden oluşmaktadır. Tek tek tohumlar, oksijen konsantrasyonuna bağlı olarak floresans özellikleri değişen metal-organik boya içeren membranlarla kapatılmış 96 kuyucuklu mikroplakalara yerleştirilir (Draaijer vd., 1999). Tohum imbibisyonu için kuyucuklarda genellikle %0,5–1 (a/h) oranında agar kullanılır. Plakalar oksijene geçirimsiz şekilde ısıyla kapatıldıktan sonra Q2 cihazına yerleştirilir ve kullanıcı tarafından belirlenen zaman aralıklarında ölçümler gerçekleştirilir. Tohum solunumu sırasında kuyucuk içindeki oksijen azalmakta, buna bağlı olarak boya floresansı artmaktadır. Bu değişim, mavi ışık kaynağı ve floresans sensörü ile algılanarak her bir tohum için oksijen tüketimine ait zaman profilleri oluşturulmaktadır. Robotik sistem sayesinde çok sayıda plaka eş zamanlı olarak analiz edilebilmekte, cihazda 10–35 °C (±0,5 °C) aralığında (±0,5 °C) sıcaklık kontrolü sağlanabilmektedir. Agar kullanımı, baş

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

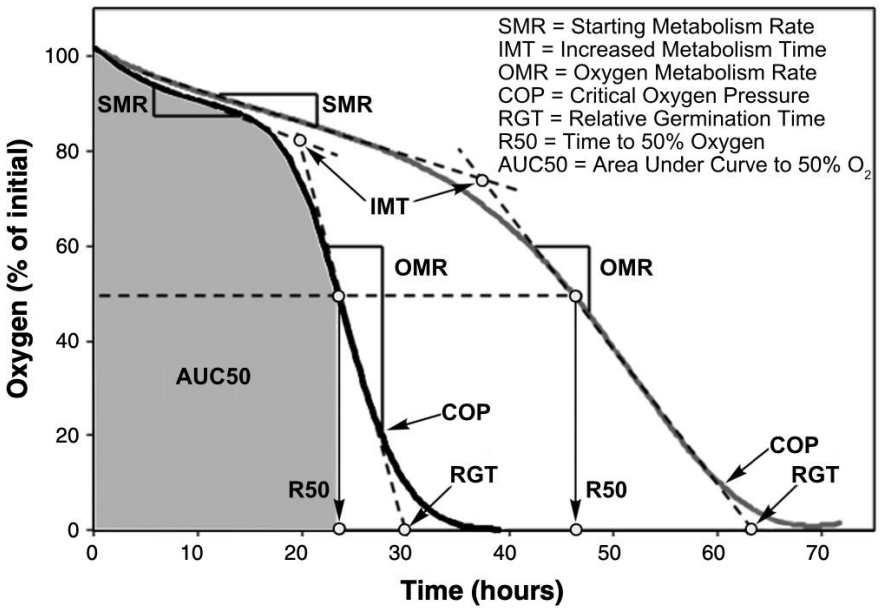
boşluğu hacminin ayarlanmasına ve radikula çıkışının doğrudan gözlemlenmesine olanak tanımaktadır. Agar hacmi değiştirilerek farklı tür ve tohum büyüklüklerine uygun oksijen tüketim süreleri elde edilebilmektedir. Örneğin, Brassica türlerinde her tohum partisinden en az 47 tohum, soğan ve marul gibi küçük tohumlu türlerde ise her parti için yaklaşık 95 tohum test edilmiştir. Elde edilen tüm veriler Q2 analiz yazılımı aracılığıyla değerlendirilmiş veya elektronik tablo formatında dışa aktarılmıştır (Bradford vd., 2012).

3. Q2 SOLUNUMSAL PARAMETRELERİ (ASTEC İNDEKSLERİ)

Q2 sistemi, imbibisyon ve çimlenme sürecinde tohumların bireysel oksijen tüketimini izleyerek solunumsal aktiviteyi değerlendirmektedir. Oksijen tüketim eğrileri genellikle başlangıçta yavaş bir hız, ardından solunumda belirgin bir artış ve düşük oksijen seviyelerinde tekrar azalma ile karakterize olup sigmoid bir yapı göstermektedir (Şekil 1).

Bu eğrilerden Başlangıç Metabolizma Hızı (Starting Metabolism Rate, SMR) ve solunum hızının arttığı zaman noktası olan Artan Metabolizma Zamanı (Increased Metabolism Time, IMT) hesaplanmaktadır (Şekil 1). Ayrıca maksimum solunum hızını temsil eden Oksijen Metabolizma Hızı (Oxygen Metabolism Rate, OMR) ile solunumsal aktiviteye dayalı göreceli bir gösterge olan Göreceli Çimlenme Zamanı (Relative Germination Time, RGT) belirlenmektedir (Şekil 1).

Tohumlar arasındaki varyasyonu ortaya koymak amacıyla RGT Homojenliği (HOM) ve oksijen kısıtıyla solunum hızının azalmaya başladığı nokta olan Kritik Oksijen Basıncı (COP) değerlendirilmektedir (Şekil 1). Bunun yanı sıra, eğri şekline bağlı olmayan ve genel solunum hızını bütüncül olarak yansıtan R50 (oksijenin %50 azalması için geçen süre) ve AUC50 (%50 oksijen azalmasına kadar eğri altı alan) parametreleri de hesaplanmaktadır (Şekil 1). Bu parametreler, tohum partileri arasındaki canlılık ve vigor farklılıklarının karşılaştırılmasında kullanılmaktadır (Bradford vd., 2013).



Şekil 1. Şekilde hızlı (solda) ve yavaş (sağda) çimlenen tohumlara ait tipik solunum eğrileri sunulmaktadır (Bradford vd., 2013).

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Sadhana vd., (2024) kaynağından belirtildiği üzere Standart Q2 Değerleri aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

Artan Metabolizma Zamanı (IMT): Tohumun metabolik aktivitesini artırmaya başladığı süreyi (saat) ifade eder. IMT; perikarpın su geçirgenliği, kaplama/peletleme yapısı ve tohumun imbibisyon yeteneğinden etkilenmektedir.

Oksijen Metabolizma Hızı (OMR): Tohumun birim zamanda tüketebildiği maksimum oksijen miktarını (% O_2 $saat^{-1}$) gösterir. Oksijen tüketimi enerji kullanımıyla doğrudan ilişkili olduğundan, OMR çimlenme hızı ve tohum vigorunun önemli bir göstergesidir. Ayrıca tarla çıkışı ile ilişkilidir.

Kritik Oksijen Basıncı (COP): Tohumların oksijen yetersizliğine bağlı olarak solunum ve metabolizmayı azaltmaya başladıkları en düşük oksijen düzeyini (%) ifade eder. Bu değer, tohumların oksijen stresi altındaki performansını yansıtır.

Göreceli Çimlenme Süresi (RGT): RGT, bir tohum partisinin çimlenme ve tarla çıkış süresi hakkında bilgi verir. Bu değer, dormansinin kırılma zamanı (IMT) ve metabolik hız (OMR) ile ilişkilidir. Tohum partileri arasındaki çimlenme, çıkış ve bitki tesisindeki farklılıkların belirlenmesinde kullanılabilir.

Ekim öncesinde tohumların değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, hızlı tohum vigor değerlendirme yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Q2 Oksijen Algılama Teknolojisi, temel araştırmalar için tohum testlerinde yeni bir dönemi temsil etmektedir. Bu teknoloji, ASTEC Global tarafından geliştirilmiştir. Ölçümler, zaman içerisinde tohumların oksijen tüketimini tohum partisi kalitesi ile ilişkilendirmek amacıyla yapılmaktadır (Bopper ve Kruse, 2010).

4. Q2 ÖLÇÜM PROSEDÜRÜ

Q2, hem *Quality* (Kalite) hem de *Quick* (Hızlı) kavramlarını ve aynı zamanda tüm Q2 cihazının temelini oluşturan O_2 (oksijen) unsurunu ifade etmektedir. Q2 tarayıcı kullanılarak yapılan tohum vigor analizi, 2019 Rabi sezonunda Almanya'nın Hohenheim Üniversitesi'nde gerçekleştirilmiştir. Otuz örnek (genotip), nematod (*Aphelenchoides besseyi*) testi için Haydarabad'daki Ulusal Bitki Genetik Kaynakları Bürosu'na (NBPGR) gönderilmiştir. Bu örneklerden altı genotipin nematoddan ari olduğu belirlenmiş ve Haydarabad Bitki Karantina İstasyonu (PQS) tarafından fitosaniter sertifika düzenlenmiştir. Nematoddan ari olduğu belirlenen bu genotipler, Almanya'daki Hohenheim Üniversitesi'nde (UOH) Q2 tarayıcı kullanılarak tohum vigorunun değerlendirilmesi amacıyla kullanılmıştır. Deneme, Zhao ve Zhong (2012) ve Zhao vd., (2013) nin yöntemleri esas alınarak, aşağıda belirtilen bazı modifikasyonlarla yürütülmüştür.

1. Öncelikle, %0,5 (w/v) agar çözeltisi hazırlamak amacıyla 3 g agar, 600 ml saf su içerisinde çözündürülmüş ve karışım 5 dakika süreyle etüvde bekletilmiştir.
2. Agar çözeltisi, 30–40 °C sıcaklığa ulaştıktan sonra vorteks karıştırıcıda homojen hale getirilmiş ve her bir kuyucuğa aktarılmıştır.

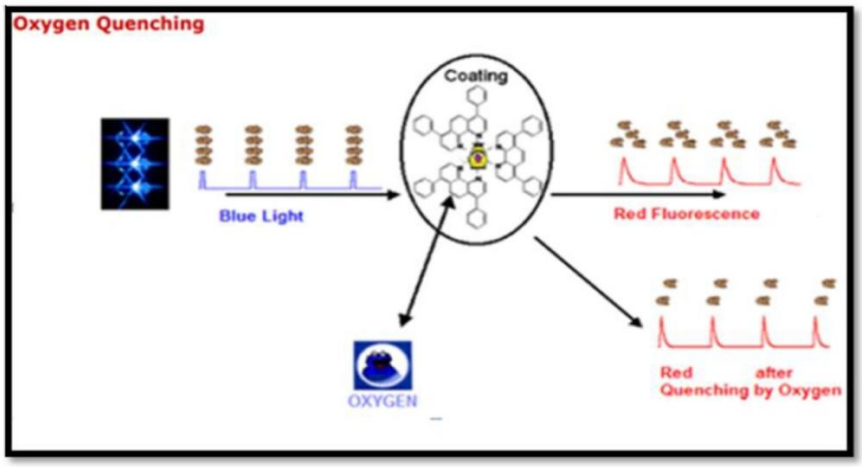
ISBN NR: 978-625-5694-76-8

3. Her genotip için dört tekerrür olacak şekilde, her tekerrürde 48 tohum olmak üzere, tohumlar %0,5 agar içeren 48 kuyucuklu mikroplaklara (her bir 1,5 ml'lik kuyucuğa bir tohum düşecek şekilde, 750 µl agar üzerine) tek tek ekilmiştir.
4. Mikroplaklar, iç yüzeyinde floresan materyal bulunan ve 1,0 mm kalınlığında bir membran ile kaplanmış kapaklar ile örtülmüştür.
5. Plakların dışında yer alan, yalnızca hava içeren veya %0 oksijen ve %100 bağıl oksijen (aslında havadaki %21 O_2) içeren iki vial kontrol olarak kullanılmıştır.
6. Daha sonra plaklar Q2 cihazına yerleştirilmiş ve cihaz, 25 °C'de 140 saate kadar 30 dakikalık aralıklarla tarama yapacak şekilde programlanarak ölçüm başlatılmıştır.
7. Robotik bir kol, ışık kaynağı ve sensörü sırasıyla her bir kuyucuk üzerinde hareket ettirerek, her kuyucuk içerisindeki oksijen konsantrasyonunu 30 dakikalık aralıklarla ölçmüş ve her bir tohum için oksijen tüketimine ait zaman serileri oluşturulmuştur.
8. Her bir kuyucuktan elde edilen zaman serisi verileri, Q2 analiz yazılımı tarafından erişilebilen bir veritabanında toplanmıştır.
9. Q2 tarayıcı, BMS (Basic Machine Software) ve ANS (Analysis Software) olmak üzere iki yazılım ile donatılmıştır. BMS, Q2 tarayıcının çalıştırılmasını sağlayan temel yazılım olup, ölçüm verilerini kaydederek bilgisayara aktarmaktadır. Kaydedilen veriler, ADO veritabanı motoru aracılığıyla ANS yazılımına aktarılmaktadır.
10. ANS yazılımı, mikroplaklardaki her bir tekerrürün ayrıntılı analizi için üç modülden (CAM, RCM, LCM) oluşmaktadır.
11. Eğri Analiz Modülü (CAM), her bir tohuma ait oksijen tüketim eğrisini (ters S-şekilli eğri) başarılı çimlenmiş, eksik çimlenmiş, hatalı ve ölü olmak üzere dört kategoriye ayırmış ve veriler Excel formatına aktarılmıştır.
12. Eğri uyumlamasından sonra, her bir tohum partisinin (genotipin) dört tekerrürü Tekerrür Karşılaştırma Modülü (RCM) kullanılarak karşılaştırılmış ve veriler Excel'e aktarılmıştır.
13. Parti Karşılaştırma Modülü (LCM) ile altı tohum partisi (genotip) karşılaştırılmış ve sonuçlar Excel raporu ve PDF formatında elde edilmiştir.
14. Excel formatındaki veriler istatistiksel analizlerde kullanılmıştır.

5. VERİ ANALİZİ VE YAZILIM MODÜLLERİ

Q2 tarayıcı, oksijene duyarlı floresan "sarı boya" kaplı şeffaf kapaklar kullanılarak çalışmaktadır. Oksijen, floresansı söndürdüğü için (quenching), oksijen kısmi basıncı arttıkça floresan şiddeti ve ömrü azalmaktadır. Sensör, kuyucuktaki oksijen miktarına bağlı olarak mavi (yüksek O_2) veya kırmızı (düşük O_2) ışık yaymakta ve bu sinyaller oksijen tüketim eğrilerine dönüştürülmektedir (Şekil 2).

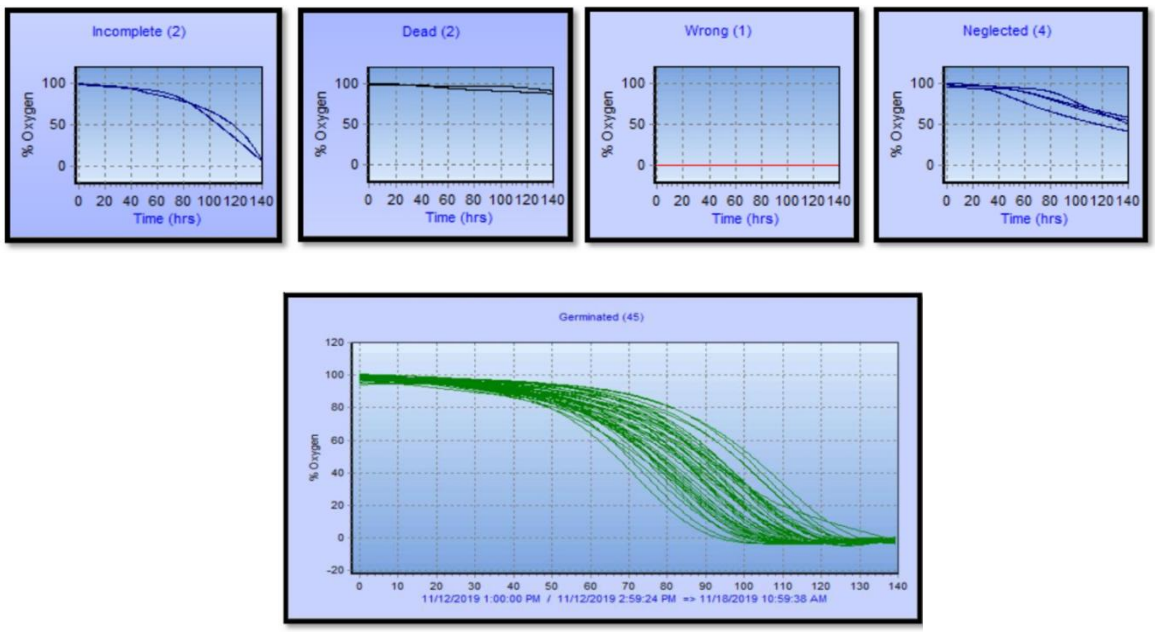
ISBN NR: 978-625-5694-76-8



Şekil 2. Q2 tarayıcının çalışma prensibi: Oksijen söndürme etkisi (Sadhana vd., 2013).

Tohum çimlenme sürecinde metabolik aktivitesini artırdıkça oksijen tüketmekte, bu durum kuyucuk içindeki oksijen düzeyinin zamanla azalmasına neden olmaktadır. Oksijen tamamen tükendiğinde eğri yataylaşmakta ve test sonlanmaktadır. Çimlenen tohumlar tipik olarak ters S (sigmoid) şeklinde oksijen tüketim eğrisi oluşturmaktadır.

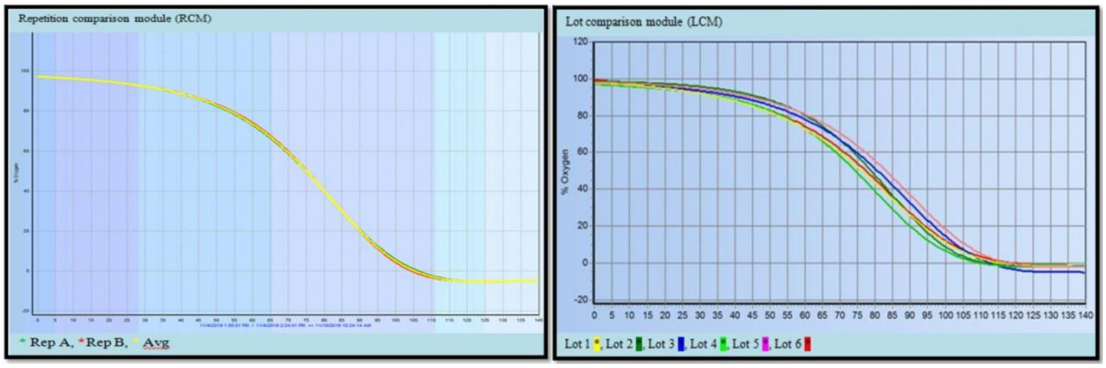
Her bir kuyucuk Q2 cihazı tarafından 30 dakikalık aralıklarla otomatik olarak taranmış, ölçümler kaydedilerek her bir tohuma ait oksijen tüketim eğrileri oluşturulmuştur. Eğri Analiz Modülü (CAM) ile tohumlar ölü, eksik çimlenmiş, başarılı çimlenmiş ve hatalı olarak sınıflandırılmıştır. Ters sigmoid eğri gösteren tohumlar *germinated ok* olarak değerlendirilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Bireysel tohumların eğri paternlerini gösteren Eğri Analiz Modülü grafiği (Sadhana vd., 2013).

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

CAM analizinin ardından, genotiplere ait tekerrürler Tekerrür Karşılaştırma Modülü (RCM) ile, tohum partileri ise Parti Karşılaştırma Modülü (LCM) ile karşılaştırılmıştır (Şekil 4). LCM analizinde aynı anda en fazla altı tohum partisi karşılaştırılabilmektedir.



a) b)

Şekil 4. (a) Tekerrür Karşılaştırma Modülü (RCM) ve (b) Parti Karşılaştırma Modülü (LCM) grafiklerini göstermektedir (Sadhana vd., 2013).

Q2 tarayıcı ile her bir ters S-şekilli eğri için dört metabolik parametre belirlenmiştir: IMT, OMR, RGT ve COP (Şekil 4b). İncelenen altı genotipten RNR-29183 Q2 tarayıcıda çimlenme göstermemiştir.

6. Q2 Teknolojisinin Tohum Canlılığı ve Gücü ile İlişkisi (Literatür Bulguları)

Tu vd., (2023) tarafından yaptıkları çalışmada; Q2 oksijen tüketim tekniğinin tek tek tohumların canlılığının belirlenmesindeki etkinliği; tatlı mısır, biber ve buğday gibi farklı türlerde değerlendirilmiştir. Canlı ve ölü tohumlar arasında solunumsal özellikler açısından belirgin farklılıklar saptanmış; özellikle nihai oksijen tüketimi (Q120) ve ölçüm süresini kısaltmak amacıyla geliştirilen Qt parametresinin tek tohum canlılığı ile anlamlı ilişkili olduğu gösterilmiştir. Canlılık değerlendirmesi için en uygun ölçüm süreleri; biber, tatlı mısır ve buğday için sırasıyla 12, 6 ve 9 saat olarak belirlenmiş; tahmin doğruluklarının %92–98 aralığında olduğu belirlenmiştir. Ölü tohumların ayıklanmasıyla tohum partilerinin çimlenme yüzdesinde belirgin artış sağlanmıştır. Buna karşılık, HS-GC-IMS yöntemi ile elde edilen uçucu bileşik profilleri, bireysel tohumlar arasındaki sınırlı farklılıklar nedeniyle canlı ve ölü tohumları güvenilir biçimde ayırt edememiş; PCA analizi de ayırt edici bulunmamıştır. Sonuç olarak, Q2 oksijen tüketim teknolojisi, imbibisyonun erken evrelerinde tek tohum düzeyinde solunumsal aktivitenin hızlı biçimde izlenmesine olanak tanıyarak tohum canlılığının ve potansiyel çimlenme performansının değerlendirilmesi açısından umut vadetmektedir. Ancak, geleneksel vigor testlerinin yerine geçebilmesi için farklı türler ve ticari tohum partilerini kapsayan karşılaştırmalı çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Tohum solunumu, fizyolojik durumun önemli bir göstergesidir. Q2 solunum analizi, tek tohum düzeyinde solunum profillerinin belirlenmesine olanak tanırken, multispektral görüntüleme ile birlikte kullanıldığında solunum ile morfolojik ve spektral özellikler arasındaki ilişkilerin

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

incelenmesini mümkün kılmaktadır. Michelon vd., (2025) nin yaptıkları çalışmada, bireysel soya fasulyesi tohumlarının solunum profilleri ile biyometrik özellikleri arasındaki ilişki araştırılmıştır. VideometerLab sistemiyle 1.808 tohumdan multispektral görüntüler elde edilmiş ve 75 özellik çıkarılmıştır. Tohumlar %0,4 agar ortamında çimlendirilmiş ve Q2 analizörü ile oksijen tüketimleri izlenmiştir. Veriler hiyerarşik kümeleme ile sınıflandırılmış; solunum profillerine göre üç alt grup değerlendirilmiştir. Solunum profilleri ile biyometrik özellikler arasındaki ilişki kontenjans tabloları ve entropi analizi ile analiz edilmiştir. Sonuçlar, özellikle belirli otofloresans bantları (365/600, 430/700, 450/700 ve 470/700 nm) ve yansıma dalga boylarında (365, 405 ve 690 nm) solunum profilleri arasında anlamlı farklılıklar olduğunu göstermiştir. Benzer solunum profillerine sahip tohumların %75'inin biyometrik özellik benzerliğine göre gruplanması, solunum profilleri ile biyometrik özellikler arasında bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur; ancak farklı özellik kombinasyonlarının benzer solunum desenleri oluşturabilmesi, bu ilişkinin karmaşık yapısını göstermiştir.

Michelon vd., (2025) yaptıkları çalışmada; Q2 solunum analizi ve multispektral görüntüleme birlikte kullanıldığında, solunum ile morfolojik ve spektral özellikler arasındaki ilişkilerin tek tohum düzeyinde incelenmesine olanak sağlar. Bu çalışmada, bireysel soya fasulyesi tohumlarının solunum profilleri ile morfolojik ve spektral özellikleri arasındaki ilişki araştırılmıştır. VideometerLab sistemi kullanılarak 1.808 tohumdan elde edilen multispektral görüntülerden 75 özellik çıkarılmıştır. Tohumların çimlenme süresince oksijen tüketimi Q2 analizörü ile izlenmiş ve veriler hiyerarşik kümeleme ile sınıflandırılmıştır. Solunum paternleri ile biyometrik özellikler arasındaki ilişki kontenjans tabloları ve entropi analizi kullanılarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, özellikle belirli otofloresans ve reflektans bantlarında solunum paternleri arasında anlamlı farklılıklar olduğunu göstermiştir. Benzer solunum profiline sahip tohumların %75'inin biyometrik özelliklerine göre de benzerlik göstermesi, solunum ile morfolojik ve spektral özellikler arasında anlamlı bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur.

Sadhana vd., (2024) yaptıkları çalışmada, altı çeltik genotipinin tohum gücü, oksijen algılama teknolojisine dayalı Q2 tarayıcı kullanılarak değerlendirilmiştir. Q2 analizi, çimlenme sürecinde tek tek tohumların oksijen tüketimini ölçerek tohum solunumu ve metabolik aktiviteye ilişkin hızlı ve güvenilir veriler sağlamış; geleneksel çimlenme ve fide değerlendirme yöntemlerine kıyasla daha kısa sürede genotipler arasında tohum gücü farklılıklarının ortaya konmasına imkân tanımıştır. Q2 tarayıcı ile ölçülen oksijen tüketimi, bireysel tohumlarda ters S-şekilli (sigmoid) eğriler oluşturmuş ve bu desenlere göre tohumlar Eğri Analiz Modülü kullanılarak ölü, eksik çimlenmiş ve normal çimlenmiş olarak sınıflandırılmıştır. Tekrarlar ve tohum partileri sırasıyla Tekrar Karşılaştırma Modülü ve Lot Karşılaştırma Modülü aracılığıyla karşılaştırılmıştır. Q2 oksijen tüketim parametreleri ile fide gücü özellikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler belirlenmemekle birlikte, Göreceli Çimlenme Zamanı parametresi; çimlenme yüzdesi, fide gücü indeksi ve tarla çıkışı ile pozitif ilişki göstererek tohum gücünün değerlendirilmesinde öne çıkan bir gösterge olmuştur. Özellikle JGL-11470 genotipinin düşük Göreceli Çimlenme Zamanı değeri, bu tohum partisinin daha hızlı çimlenme potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymuştur. Sonuç olarak, Q2 oksijen tüketim teknolojisinin, ISTA'ya göre fide sınıflandırmasını doğrudan sağlamamakla birlikte, çeltikte tohum gücünün ve parti içi vigor homojenliğinin hızlı ve

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

otomatik olarak değerlendirilmesinde etkin ve tamamlayıcı bir araç olarak kullanılabileceği belirlenmiştir.

7. SONUÇ

Bu çalışma kapsamında ele alınan Q2 oksijen tüketim teknolojisi, imbibisyonun erken evrelerinden itibaren tek tohum düzeyinde solunumsal aktivitenin izlenmesine olanak tanıyan, hızlı ve tahribatsız bir değerlendirme yaklaşımı sunmaktadır. Literatür bulguları, Q2 ile elde edilen oksijen tüketim eğrilerinin ve ASTEC indekslerinin; kontrol, yaşlandırılmış ve priming uygulanmış tohumlar arasında metabolik farklılıkları ve parti içi heterojenliği ortaya koymada etkili olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, Q2 parametreleri ile standart çimlenme testleri, fide gücü ve tarla çıkışı arasındaki ilişkilerin çoğunlukla düşük ya da orta düzeyde olması, bu teknolojinin tek başına klasik vigor testlerinin yerine geçmekten ziyade tamamlayıcı bir araç olarak değerlendirilmesi gerektiğine işaret etmektedir. Sonuç olarak, Q2 oksijen tüketim teknolojisi; tohumların fizyolojik durumunun, solunumsal dinamiklerinin ve parti içi varyasyonun daha ayrıntılı biçimde anlaşılmasına katkı sağlayan, temel ve uygulamalı tohum araştırmaları açısından önemli bir potansiyel taşımaktadır.

KAYNAKÇA

Bopper, S., & Kruse, M. (2010). Development of a non-destructive germination test by measuring seed oxygen consumption. In *ISTA CONGRESS* (Vol. 29, pp. 1-24).

Zhao, G. W., & Zhong, T. L. (2012). Improving the assessment method of seed vigor in Cunninghamia lanceolata and Pinus massoniana based on oxygen sensing technology. Journal of Forestry Research, 23(1), 95-101.

Zhao, G. W., Cao, D. D., Chen, H. Y., Ruan, G. H., & Yang, M. J. (2013). A study on the rapid assessment of conventional rice seed vigour based on oxygen-sensing technology. Seed Science and Technology, 41(2), 257-269.

Bradford, K. J., Bello, P., Fu, J. C., & Barros, M. (2013). Single-seed respiration: a new method to assess seed quality. Seed Science and Technology, 41(3), 420-438.

Draaijer, A., Konig, J. W., De Gans, O., Jetten, J., & Douma, A. C. (1999). A novel optical method to determine oxygen in beer bottles. In Proceedıngs of Congress-European Brewery Conventıon (Vol. 27, pp. 233-238).

Hourmant, A., & Pradet, A. (1981). Oxidative phosphorylation in germinating lettuce seeds (Lactuca sativa) during the first hours of imbibition. Plant Physiology, 68(3), 631-635.

Al-Ani, A., Bruzau, F., Raymond, P., Saint-Ges, V., Leblanc, J. M., & Pradet, A. (1985). Germination, respiration, and adenylate energy charge of seeds at various oxygen partial pressures. Plant Physiology, 79(3), 885-890.

Woodstock, L. W., & Grabe, D. F. (1967). Relationships between seed respiration during imbibition and subsequent seedling growth in Zea mays L. *Plant Physiology*, *42*(8), 1071-1076.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Corbineau, F. and Côme, D. (1995). Control of seed germination and dormancy by the gaseous environment. In *Seed Development and Germination, (eds. J. Kigel and G. Galili), pp. 397-424, Marcel Dekker Inc., New York.*

Dahal, P., Kim, N. S., & Bradford, K. J. (1996). Respiration and germination rates of tomato seeds at suboptimal temperatures and reduced water potentials. *Journal of Experimental Botany*, 47(7), 941-947.

Patane, C., Cavallaro, V., Avola, G., & D'Agosta, G. (2006). Seed respiration of sorghum [Sorghum bicolor (L.) Moench] during germination as affected by temperature and osmoconditioning. *Seed Science Research*, *16*(4), 251-260.

Bradford, K. J., Benech-Arnold, R. L., Coˆme, D., & Corbineau, F. (2008). Quantifying the sensitivity of barley seed germination to oxygen, abscisic acid, and gibberellin using a population-based threshold model. *Journal of Experimental Botany*, *59*(2), 335-347.

Bradford, K. J., Coˆme, D., & Corbineau, F. (2007). Quantifying the oxygen sensitivity of seed germination using a population-based threshold model. Seed Science Research, 17(1), 33-43.

Edelstein, M., Corbineau, F., Kigel, J., & Nerson, H. (1995). Seed coat structure and oxygen availability control lowtemperature germination of melon (*Cucumis melo*) seeds. *Physiologia plantarum*, *93*(3), 451-456.

Benech-Arnold, R. L., Gualano, N., Leymarie, J., Côme, D., & Corbineau, F. (2006). Hypoxia interferes with ABA metabolism and increases ABA sensitivity in embryos of dormant barley grains. *Journal of Experimental Botany*, *57*(6), 1423-1430.

Edelstein, M., & Welbaum, G. E. (2011). Seed O2 Uptake and Germination of Cold-Tolerant and Cold-Intolerant Cultivars of Muskmelon. *Crop Science*, *51*(2), 810-817.

Sadhana, P., Raju, C. D., Kruse, M., Bopper, S., Subba Rao, L. V., Kuna, A., Akshitha, B., & Udaya, S. (2024). Seed vigour analysis using oxygen sensing technology in rice (Oryza sativa L.) genotypes. *Agriculture Association of Textile Chemical and Critical Reviews Journal*, 77–81.

Tu, K. L., Yin, Y. L., Yang, L. M., Wang, J. H., & Sun, Q. (2023). Discrimination of individual seed viability by using the oxygen consumption technique and headspace gas chromatography ion mobility spectrometry. Journal of Integrative Agriculture, 22(3), 727–737.

Michelon, T. B., Hsieh, F., Bello, P., Blanco-Ulate, B., & Panobianco, M. (2025). Soybean single-seed respiration evaluation through spectral imaging. *Seed Science Research*, 1-12.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

TİYAZOL HALKASI İÇEREN YENİ ÜRE TÜREVİ HETEROSİKLİK BİLEŞİKLERİN SENTEZİ

Yüksek Lisans Öğrencisi, Seda KAYAPINAR GÜLER
Erciyes Üniversitesi/ Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya ABD, Kayseri/ Türkiye,
ssedakayapinar@gmail.com - ORCID ID: 0000-0002-1118-4875

Arş. Gör. Dr., Halis KARATAŞ
Erciyes Üniversitesi/Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Kayseri/ Türkiye,
haliskaratash@erciyes.edu.tr - ORCID ID: 0000-0001-5473-5588

Prof. Dr., Zülbiye KÖKBUDAK
Erciyes Üniversitesi/Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Kayseri/ Türkiye,
zulbiye@erciyes.edu.tr - ORCID ID: 0000-0003-2413-9595

ÖZET

Tiyazol çekirdeği, modern tıbbi kimya çalışmalarında farmakofor bir yapı taşı olarak kabul edilmekte ve çok çeşitli biyolojik aktivite potansiyelleriyle dikkat çekmektedir. Bu çalışmanın temel motivasyonu, literatürde bilinen tiyazol sistemlerinin farmakolojik etkinliğini, üre fonksiyonel grubuyla birleştirerek yeni ve özgün moleküler iskeletler tasarlamaktır. Bu kapsamda, biyolojik sistemlerle etkileşime girebileceği öngörülen bir dizi N-aril sübstitüe tiyazolil-üre türevinin sentezi gerçekleştirilmiştir. Sentez prosedürünün başlangıç aşamasında, farklı α-bromoketon türevleri ile tiyoürenin etanol ortamındaki Hantzsch siklizasyonu sonucunda iki temel ara ürün olan 4-(4-klorofenil)tiyazol-2-amin ve 4-([1,1'-bifenil]-4-il)tiyazol-2-amin elde edilmiştir. Reaksiyonun devamında, bu aminotiyazol yapılarının fenilizosiyanat ile susuz toluen içerisindeki nükleofilik katılma tepkimeleri üzerinden hedef bileşikler olan 1-(4-(4-klorofenil)tiyazol-2-il)-3-fenilüre (BU3) ve 1-(4-([1,1'-bifenil]-4-il)tiyazol-2-il)-3-fenilüre (BU5) sentezlenmiştir. Elde edilen son ürünlerin saflık dereceleri ince tabaka kromatografisi (TLC) ve erime noktası analizleri ile takip edilmiştir. Sentezlenen tüm türevlerin kesin yapıları; FT-IR, ^{1}H NMR, ^{13}C NMR spektroskopik verilerinin ayrıntılı analizi sonucunda karakterize edilmiştir. Yapılan spektral değerlendirmeler, hedeflenen tiyazol-üre hibrit yapılarının başarıyla oluştuğunu kanıtlamıştır.[1]

Anahtar Kelimeler: Heterosiklik bileşikler, Tiyazol, Üre, Fenilizosiyanat, Hantzsch Sentezi

[1] Bu çalışma, Prof. Dr., Zülbiye KÖKBUDAK danışmanlığında Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yürütülen "İmidazol Grubu İçeren Yeni Bileşiklerin Sentezi" başlıklı devam eden yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

SYNTHESIS OF NOVEL UREA-DERIVED HETEROCYCLIC COMPOUNDS BEARING A THIAZOLE RING

MSc Student, Seda KAYAPINAR GÜLER
Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Chemistry, Kayseri/ Turkey,
ssedakayapinar@gmail.com - ORCID ID: 0000-0002-1118-4875

Res. Asst. Dr., Halis KARATAŞ
Erciyes University, Faculty of Science, Department of Chemistry, Kayseri/Turkey,
haliskaratash@erciyes.edu.tr - ORCID ID: 0000-0001-5473-5588

Prof. Dr., Zülbiye KÖKBUDAK
Erciyes University, Faculty of Science, Department of Chemistry, Kayseri/Turkey,
zulbiye@erciyes.edu.tr - ORCID ID: 0000-0003-2413-9595

ABSTRACT

The thiazole core is recognized as a pharmacophore building block in modern medicinal chemistry studies and attracts attention due to its wide range of biological activity potentials. The primary motivation of this study is to design new and unique molecular skeletons by combining the pharmacological efficacy of thiazole systems known in the literature with the urea functional group. In this context, a series of N-aryl substituted thiazolyl-urea derivatives, designed to potentially interact with biological systems, were synthesized. In the initial stage of the synthesis procedure, two key intermediates, 4-(4-chlorophenyl)thiazol-2-amine and 4-([1,1'-biphenyl]-4-yl)thiazol-2-amine, were obtained through the Hantzsch cyclization of different α-bromoketone derivatives and thiourea in an ethanol medium. Subsequently, the target compounds, 1-(4-(4-chlorophenyl)thiazol-2-yl)-3-phenylurea (BU3) and 1-(4-([1,1'-biphenyl]-4-yl)thiazol-2-yl)-3-phenylurea (BU5), were synthesized via nucleophilic addition reactions of these aminothiazole structures with phenyl isocyanate in anhydrous toluene. The purity levels of the final products were monitored by thin-layer chromatography (TLC) and melting point determination. The definitive structures of all synthesized derivatives were characterized through detailed analysis of FT-IR, ^{1}H NMR and ^{13}C NMR spectroscopic data. Spectral evaluations confirmed the successful formation of the targeted thiazole-urea hybrid structures.[2]

Keywords: Heterocyclic compounds, Thiazole, Urea, Phenyl isocyanate, Hantzsch Synthesis

[2] This study was derived from the ongoing Master's thesis titled "Synthesis of Novel Imidazole Containing Compounds" conducted at Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, under the supervision of Prof. Dr., Zülbiye KÖKBUDAK.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Doğal Maden Suyu Ve Kahve Tozu İle Farklı Miktarlardaki Kan Taşı Ve Karbonat Maddeleri Tarafından Hazırlanan Çözeltilerin Pamuk Kumaşlar Üzerinde Boyama İşlemlerinde Kullanılması

Arş. Gör. Dr. Keziban SELÇUK
Atatürk Üniversitesi, Oltu Meslek Yüksekokulu, Tasarım Bölümü, Grafik Tasarımı Pr., Oltu, Erzurum, Türkiye
kselcuk@atauni.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-3460-4457

Doç. Dr. Ümit AYATA
*Bayburt Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Bayburt, Türkiye
*Sorumlu yazar: umitayata@yandex.com, ORCID ID: 0000-0002-6787-7822

Özet

Bu çalışmada, kahve tozu (grup başına 1'er gr) ve doğal maden suyu (grup başına 100 ml) ile farklı miktarlardaki kan taşı (grup başına 1 ve 2 gr) ve karbonat (grup başına 1 ve 2 gr) maddeleri ve karışımları (grup başına 1'er gr) tarafından hazırlanan çözeltilerin pamuk kumaşlar (grup başına 1'er gr) üzerinde boyama (100ºC'de 1 saat süre ile cam kaplarda) işlemlerinde kullanılması sonrasında belirlenen toplam renk farklılıkları karşılaştırılmıştır. Deney grubu 1 kontrol deney örnekleri olup, herhangi bir uygulama yapılmamıştır. Sonuçlara göre ΔE^* değerleri deney grubu 2 için 10.52, deney grubu 3 için 9.73, deney grubu 4 için 14.95, deney grubu 5 için 9.74, deney grubu 6 için 9.75 ve deney grubu 7 için 10.25 olarak elde edilmiştir. Sonuçlara göre, doğal maden suyunun, karbonatın ve kan taşının pamuk kumaşlar üzerinde renk parametrelerini değiştirdiği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Kahve tozu, kan taşı, karbonat, renk parametreleri, boyama işlemi,

The Use of Solutions Prepared by Mixing Natural Mineral Water and Coffee Powder with Varying Amounts of Bloodstone and Carbonate in Dyeing Processes on Cotton Fabrics

Abstract

In this study, the total color differences determined after dyeing cotton fabrics (1 g per group) with solutions prepared by coffee powder (1 g per group), natural mineral water (100 ml per group), and different amounts of bloodstone (1 and 2 g per group) and carbonate (1 and 2 g per group) and their mixtures (1 g per group) were compared (in glass containers at 100°C for 1 h). Experimental group 1 was the control sample and did not undergo any treatment. According to the results, the ΔE^* values were obtained as 10.52 for experimental group 2, 9.73 for experimental group 3, 14.95 for experimental group 4, 9.74 for experimental group 5, 9.75 for experimental group 6, and 10.25 for experimental group 7. According to the results, it was observed that natural mineral water, carbonate, and bloodstone changed the color parameters on cotton fabrics.

Keywords: Coffee powder, bloodstone, bicarbonate, color parameters, dyeing process

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

1. Giriş

Mineral su, yaşam, sağlık ve esenlik için gerekli olan ve yüzeysel veya yeraltı su kaynaklarından, pompalama, derin kuyular ve pınarlar yoluyla elde edilen doğal sudur. Mineral su, insan vücudunun temel bir bileşenidir. Mineral su, mineraller açısından zengindir ve olduğu gibi veya arıtma işleminden sonra kullanılmaktadır. Genel olarak, insan tüketimi için mineral su, maksimum saflığı sağlamak için fiziksel ve kimyasal işlemlerden, mikrobiyolojik kontrolden ve izlemeden geçmektedir. İçme suyunda çözünmüş halde bulunan minerallerin insanlar, hayvanlar ve bitkiler için gerekli olduğu yüzyıllardır bilinmektedir. Farklı minerallerin farklı işlevleri vardır (Teixeira ve Gomes, 2021).

Değerli bir yeraltı suyu kaynağı olarak mineral su, sulak alanlar ve nehir kıyıları gibi yüzey suyu çevresel sistemlerine su akışı sağlayarak farklı ekosistemlerin korunmasında önemli bir rol oynamaktadır (Kløve ve ark., 2011; Li ve ark., 2022).

Baskın iyonik bileşime göre mineral sular, hidrokarbonat (bikarbonat), sülfat, tuz veya kükürtlü sular olarak sınıflandırılmaktadır. İki anyonun baskın olduğu durumlarda ise sular hidrokarbonat-sülfat, tuzlu-sülfat veya klorür-hidrokarbonat olabilmektedir. NSS R 54,316-2011'de kabul edilen mevcut Rus sınıflandırması, biyolojik olarak aktif bileşenlere sahip baskın kimyasal elementlere (anyonlar ve katyonlar) dayanmakta odluğunu bildirmiştir (Fillimonova ve ark., 2022).

Avrupa pazarında dört çeşit şişelenmiş su bulunmaktadır: doğal maden suyu, kaynak suyu, şebeke suyu ve tedavi edici/tıbbi su. Genel olarak en iyi şişelenmiş sular olarak değerlendirilen doğal maden suları, Avrupa ticaretinin en büyük payını oluşturmaktadır (Feru, 2004).

Genel olarak, kaynakta veya şişelendikten sonra, gazlı doğal maden suları normal basınç ve sıcaklık koşullarında kendiliğinden ve açıkça görülebilir bir şekilde karbondioksit yaydıkları bildirilmiştir. Avrupa Parlamentosu ve Konseyi'nin 18 Haziran 2009 tarihli 2009/54/EC sayılı Direktifi, üç farklı doğal maden suyu türünü belirlemiştir (Directive, 2009; Kekes ve ark., 2023):

- Doğal olarak karbonatlı doğal maden suyu: Dekantasyon ve şişelemeden sonraki karbondioksit içeriği, kaynaktakiyle aynıdır.
- Kaynaktan gelen gazla zenginleştirilmiş doğal maden suyu: Dekantasyon ve şişelemeden sonraki karbondioksit içeriği, kaynaktakinden daha fazladır.
- Karbonatlı doğal maden suyu: Karbondioksit, suyun geldiği yeraltı suyu veya yatağından farklı bir kaynaktan eklenmiştir.

Avrupa mevzuatında (2009/54/EC Direktifi) belirtildiği üzere, doğal maden suları "bir akiferden veya yeraltı rezervuarından kaynaklanmaktadır. Bir veya daha fazla doğal veya sondaj kaynağından gelmektedir ve belirli hijyenik özelliklere ve nihayetinde sağlıklı özelliklere sahiptir" (İtalya'da, 2011 tarihli 176 sayılı Kanun Hükmünde Kararname). Kaynak saflığı ve korunması, minerallerin (eser elementler veya diğer bileşenler) sabit seviyesi ve uygun olduğu durumlarda belirleyebilecekleri belirli etkiler nedeniyle içme suyundan farklı odluğu bildirilmiştir (Quattrini ve ark., 2017).

Doğal maden suyu, fizikokimyasal parametrelerin seviyesi gibi diğer doğal sulardan ayıran özelliklere sahiptir. Doğa, tam olarak aynı kimyasal bileşime sahip iki doğal su üretmese de, fizikokimyasal özelliklerindeki bazı benzerliklere dayanarak bunları sınıflara veya türlere ayırmak mümkündür (Lourenço ve ark., 2010).

Mineral suların kimyasal bileşimi büyük ölçüde, çıkarıldığı kayanın bileşimine bağlıdır. Bununla birlikte, jeokimyasal süreçlere bağlı olarak, benzer kaya türleri farklı mineral su türlerine yol açabilmektedir (Zuurdeeg ve van der Weiden 1985; Van der, 2003).

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Bu çalışma, doğal maden suyu ve kahve tozu ile farklı miktarlardaki kan taşı ve karbonat maddeleri tarafından hazırlanan çözeltilerin pamuk kumaşlar üzerinde boyama işlemlerinde kullanılması ve elde edilen toplam renk farklılıkları karşılaştırılması üzerine yapılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada, pamuk kumaşlar, bir kumaş satıcısından, doğal maden suyu (potasyum 8.93 mg/l, sodyum 94.01 mg/l, kalsiyum 134 mg/l, magnezyum 611 mg/l, bikarbonat 2989 mg/l, sodyum 94 mg/l), karbonat, kan taşı maddesi ve kahve tozu ise bir aktardan satın alınma yöntemi ile temin edilmiştir.

Deneysel tasarım aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur:

Deney grubu 1: Kontrol deney örneğini temsil etmektedir. Herhangi bir boyama işlemi yapılmamıştır.

Deney grubu 2: 1 gr pamuk kumaşı 100 ml doğal maden suyu + 1 gr kahve tozu ile 100^{o}C'de 1 saat sürede kaynatılmıştır.

Deney grubu 3: 1 gr pamuk kumaşı 100 ml doğal maden suyu + 1 gr kahve tozu + 1 gr karbonat ile 100^{o}C'de 1 saat sürede kaynatılmıştır.

Deney grubu 4: 1 gr pamuk kumaşı 100 ml doğal maden suyu + 1 gr kahve tozu + 1 gr kan taşı ile 100^{o}C'de 1 saat sürede kaynatılmıştır.

Deney grubu 5: 1 gr pamuk kumaşı 100 ml doğal maden suyu + 1 gr kahve tozu + 2 gr karbonat ile 100^{o}C'de 1 saat sürede kaynatılmıştır.

Deney grubu 6: 1 gr pamuk kumaşı 100 ml doğal maden suyu + 1 gr kahve tozu + 2 gr kan taşı ile 100^{o}C'de 1 saat sürede kaynatılmıştır.

Deney grubu 7: 1 gr pamuk kumaşı 100 ml doğal maden suyu + 1 gr kahve tozu + 1 gr kan taşı + 1 gr karbonat ile 100^{o}C'de 1 saat sürede kaynatılmıştır.

Mordanlı ve mordansız boyanmış deney örnekleri ve boyanmamış deney örnekleri üzerinde bir standart kullanılarak (ASTM D 2244-3, 2007) renk parametreleri ölçülmüştür. Toplam renk farklılıkları aşağıdaki formüller ile hesaplanmıştır.

$$\Delta H^* = [(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2]^{0.5} \quad (1)$$

$$\Delta a^* = (a^*_{\text{işlem uygulanmış deney örneği}}) - (a^*_{\text{işlem uygulanmamış}}) \quad (2)$$

$$\Delta L^* = (L^*_{\text{işlem uygulanmış deney örneği}}) - (L^*_{\text{işlem uygulanmamış}}) \quad (3)$$

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0.5} \quad (4)$$

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0.5} \quad (5)$$

$$\Delta C^* = (C^*_{\text{işlem uygulanmış deney örneği}}) - (C^*_{\text{işlem uygulanmamış}}) \quad (6)$$

$$h^o = \arctan(b^*/a^*) \quad (7)$$

$$\Delta b^* = (b^*_{\text{işlem uygulanmış deney örneği}}) - (b^*_{\text{işlem uygulanmamış}}) \quad (8)$$

Çizelge 1'de Δa^*, ΔL^*, Δb^* ve ΔC^* değerleri hakkında (Lange, 1999) ve Jirouš ve Ljuljka, (1999)'ya göre renk değişim aralığı hakkında bazı önemli bilgiler gösterilmektedir.

Çizelge 1. Renk parametreleri ile ilgili önemli bilgiler

Jirouš ve Ljuljka, (1999) renk aralığı	ΔE^* aralığı	Renk değişim tahmini	ΔE^* aralığı	Renk değişim tahmini
	< 0.20	Anlaşılamaz	3.00 - 6.00	Çok belirgin
	0.20 - 0.50	Çok hafif	6.00 - 12.00	Yoğun
	0.50 - 1.50	Hafif	> 12.00	Çok yoğun
	1.50 - 3.00	Belirgin		
ΔL^*, Δa^*, Δb^* ve ΔC^* (Lange, 1999)	Parametre	Negatif durumda		Pozitif durumda
	Δb^*	Referansa göre daha mavi		Referansa göre daha sarı
	ΔL^*	Referansa göre daha koyu		Referansa göre daha açık
	Δa^*	Referansa göre daha yeşil		Referansa göre daha kırmızı
	ΔC^*	Mat, referansa göre daha bulanık		Referansa göre, daha net ve daha parlak

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Bir istatistik programı ile varyans analizleri, en düşük ve en yüksek veriler, % değişim oranları, ortalamalar, standart sapma ve homojenlik grupları hesaplanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Toplam renk farklılıklarına ait sonuçları Çizelge 2'de gösterilmektedir. Δ*E** değerleri deney grubu 2 (sadece kahve tozu ve maden suyu ile boyamaya sahip olduğunda) için 10.52, deney grubu 3 (kahve tozu + maden suyu + 1 gr karbonat ile boyamaya sahip olduğunda) için 9.73, deney grubu 4 (kahve tozu + maden suyu + 1 gr kan taşı ile boyamaya sahip olduğunda) için 14.95, deney grubu 5 (kahve tozu + maden suyu + 2 gr karbonat ile boyamaya sahip olduğunda) için 9.74, deney grubu 6 (kahve tozu + maden suyu + 2 gr kan taşı ile boyamaya sahip olduğunda) için 9.75, deney grubu 7 (kahve tozu + maden suyu + 1 gr kan taşı + 1 gr karbonat ile boyamaya sahip olduğunda) için 10.25 olarak hesaplandığı görülmektedir. Çalışmada, bütün mordanlı ve mordansız deney örneklerinde ölçülen değerler sonrasında yapılan hesaplamalar ile Δ*a** değerlerinin pozitif elde edilmesi ile referansa göre daha kırmızı sonucuna, Δ*L** değerlerinin negatif elde edilmesi ile de referansa göre daha açık sonucuna, Δ*C** değerlerinin pozitif elde edilmesi ile referansa göre, daha net ve daha parlak sonucuna ve Δ*b** değerlerinin pozitif elde edilmesi ile referansa göre daha sarı sonucuna ulaşıldığı belrlenmiştir. Ayrıca, renk kriteri (Jirouš ve Ljuljka, 1999) açısından deney grubu 4 için "yoğun (6.00-12.00)" kriterinin ve diğer deney grubu örneklerinin "çok belirgin (3.00-6.00)" kriterinin belirlendiği görülmektedir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Toplam renk farklılıklarına ait sonuçları

Boyama Deseni İçin Numaralandırma	Doğal Maden Suyu (ml)	Kahve Tozu (gr)	Kan Taşı (gr)	Karbonat (gr)	Δ*L**	Δ*a**	Δ*b**	Δ*C**	Δ*H**	Δ*E**	Renk kriteri (Jirouš ve Ljuljka, 1999)
Deney grubu 2	100	1	0	0	-5.51	1.54	8.83	8.89	1.15	10.52	Yoğun (6.00-12.00)
Deney grubu 3	100	1	0	1	-5.27	1.03	8.12	8.13	0.94	9.73	Yoğun (6.00-12.00)
Deney grubu 4	100	1	1	0	-6.53	1.63	13.35	13.40	1.23	14.95	Çok yoğun (>12.00)
Deney grubu 5	100	1	0	2	-5.65	0.86	7.89	7.89	0.84	9.74	Yoğun (6.00-12.00)
Deney grubu 6	100	1	2	0	-4.33	1.52	8.61	8.67	1.14	9.75	Yoğun (6.00-12.00)
Deney grubu 7	100	1	1	1	-3.66	1.25	9.50	9.53	1.01	10.25	Yoğun (6.00-12.00)

Çalışmada kaynatma işlemlerinde su kullanılmamıştır.
Deney grubu 2: 1 gr pamuk kumaşı 100 ml doğal maden suyu + 1 gr kahve tozu ile 100ºC'de 1 saat sürede kaynatılmıştır.
Deney grubu 3: 1 gr pamuk kumaşı 100 ml doğal maden suyu + 1 gr kahve tozu + 1 gr karbonat ile 100ºC'de 1 saat sürede kaynatılmıştır.
Deney grubu 4: 1 gr pamuk kumaşı 100 ml doğal maden suyu + 1 gr kahve tozu + 1 gr kan taşı ile 100ºC'de 1 saat sürede kaynatılmıştır.
Deney grubu 5: 1 gr pamuk kumaşı 100 ml doğal maden suyu + 1 gr kahve tozu + 2 gr karbonat ile 100ºC'de 1 saat sürede kaynatılmıştır.
Deney grubu 6: 1 gr pamuk kumaşı 100 ml doğal maden suyu + 1 gr kahve tozu + 2 gr kan taşı ile 100ºC'de 1 saat sürede kaynatılmıştır.
Deney grubu 7: 1 gr pamuk kumaşı 100 ml doğal maden suyu + 1 gr kahve tozu + 1 gr kan taşı + 1 gr karbonat ile 100ºC'de 1 saat sürede kaynatılmıştır.

Renk parametrelerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 3'de gösterilmiştir. Bütün renk parametrelerinde boyama deseni için numaralandırma anlamlı olarak tespit edilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Test	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F Değeri	p≤0.05 (*: Anlamlı)
Boyama Deseni İçin Numaralandırma	*L**	280.103	6	46.684	2745.597	0.000*
	*a**	19.432	6	3.239	449.703	0.000*
	*b**	959.836	6	159.973	2028.814	0.000*
	*C**	966.870	6	161.145	2054.248	0.000*
	*h*º	1237.661	6	206.277	87.092	0.000*
Hata	*L**	1.071	63	0.017		
	*a**	0.454	63	0.007		
	*b**	4.968	63	0.079		
	*C**	4.942	63	0.078		
	*h*º	149.215	63	2.368		
Toplam	*L**	467562.691	70			
	*a**	71.813	70			

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

	*b**	7985.018	70			
	*C**	8059.284	70			
	h^{o}	523742.286	70			
Düzeltilmiş Toplam	*L**	281.174	69			
	*a**	19.886	69			
	*b**	964.803	69			
	*C**	971.812	69			
	h^{o}	1386.876	69			

Deney grubu 1: Kontrol deney örneğini temsil etmektedir. Herhangi bir boyama işlemi yapılmamıştır. Çalışmada su kullanılmamıştır.
Deney grubu 2: 1 gr pamuk kumaşı 100 ml doğal maden suyu + 1 gr kahve tozu ile 100ºC'de 1 saat sürede kaynatılmıştır.
Deney grubu 3: 1 gr pamuk kumaşı 100 ml doğal maden suyu + 1 gr kahve tozu + 1 gr karbonat ile 100ºC'de 1 saat sürede kaynatılmıştır.
Deney grubu 4: 1 gr pamuk kumaşı 100 ml doğal maden suyu + 1 gr kahve tozu + 1 gr kan taşı ile 100ºC'de 1 saat sürede kaynatılmıştır.
Deney grubu 5: 1 gr pamuk kumaşı 100 ml doğal maden suyu + 1 gr kahve tozu + 2 gr karbonat ile 100ºC'de 1 saat sürede kaynatılmıştır.
Deney grubu 6: 1 gr pamuk kumaşı 100 ml doğal maden suyu + 1 gr kahve tozu + 2 gr kan taşı ile 100ºC'de 1 saat sürede kaynatılmıştır.
Deney grubu 7: 1 gr pamuk kumaşı 100 ml doğal maden suyu + 1 gr kahve tozu + 1 gr kan taşı + 1 gr karbonat ile 100ºC'de 1 saat sürede kaynatılmıştır.

Renk parametrelerine ait belirlenmiş ölçüm sonuçları Çizelge 4'de gösterilmektedir.

Çizelge 4. Renk parametrelerine ait belirlenmiş ölçüm sonuçları

Test	Boyama Deseni İçin Numaralandırma	Doğal Maden Suyu (ml)	Kahve Tozu (gr)	Kan Taşı (gr)	Karbonat (gr)	Orta-lama	Değişim Oranı (%)	Homojenlik Grubu	Standart Sapma	Mini-mum	Maksi-mum	Varyasyon Katsayısı
*L**	Deney grubu 1	-	-	-	-	86.12	-	A*	0.10	85.94	86.21	0.11
	Deney grubu 2	100	1	0	0	80.62	↓6.39	E	0.10	80.47	80.79	0.13
	Deney grubu 3	100	1	0	1	80.85	↓6.12	D	0.22	80.48	81.11	0.27
	Deney grubu 4	100	1	1	0	79.59	↓7.58	G**	0.15	79.21	79.76	0.19
	Deney grubu 5	100	1	0	2	80.47	↓6.56	F	0.12	80.33	80.70	0.15
	Deney grubu 6	100	1	2	0	81.80	↓5.02	C	0.06	81.64	81.85	0.07
	Deney grubu 7	100	1	1	1	82.47	↓4.24	B	0.10	82.32	82.64	0.12
*a**	Deney grubu 1	-	-	-	-	-0.26	-	F**	0.06	-0.35	-0.17	-23.35
	Deney grubu 2	100	1	0	0	1.29	↑596.15	B	0.07	1.20	1.40	5.32
	Deney grubu 3	100	1	0	1	0.78	↑400.00	D	0.07	0.68	0.94	9.29
	Deney grubu 4	100	1	1	0	1.37	↑626.92	A*	0.10	1.18	1.58	7.62
	Deney grubu 5	100	1	0	2	0.60	↑330.77	E	0.10	0.48	0.77	17.21
	Deney grubu 6	100	1	2	0	1.26	↑584.62	B	0.07	1.10	1.34	5.41
	Deney grubu 7	100	1	1	1	0.99	↑480.77	C	0.10	0.80	1.12	10.41
*b**	Deney grubu 1	-	-	-	-	1.97	-	E**	0.10	1.84	2.16	5.26
	Deney grubu 2	100	1	0	0	10.80	↑448.22	C	0.12	10.65	10.99	1.07
	Deney grubu 3	100	1	0	1	10.09	↑412.18	D	0.49	9.33	10.87	4.85
	Deney grubu 4	100	1	1	0	15.33	↑678.17	A*	0.39	14.86	15.92	2.54
	Deney grubu 5	100	1	0	2	9.86	↑400.51	D	0.15	9.72	10.18	1.56
	Deney grubu 6	100	1	2	0	10.58	↑437.06	C	0.08	10.47	10.77	0.78
	Deney grubu 7	100	1	1	1	11.47	↑482.23	B	0.33	10.81	11.76	2.84
*C**	Deney grubu 1	-	-	-	-	1.99	-	E**	0.10	1.86	2.18	5.24
	Deney grubu 2	100	1	0	0	10.88	↑446.73	C	0.12	10.73	11.07	1.08
	Deney grubu 3	100	1	0	1	10.12	↑408.54	D	0.49	9.36	10.91	4.86
	Deney grubu 4	100	1	1	0	15.39	↑673.37	A*	0.38	14.92	15.96	2.48
	Deney grubu 5	100	1	0	2	9.88	↑396.48	D	0.15	9.74	10.20	1.57
	Deney grubu 6	100	1	2	0	10.66	↑435.68	C	0.08	10.55	10.85	0.76
	Deney grubu 7	100	1	1	1	11.52	↑478.89	B	0.33	10.86	11.80	2.83
h^{o}	Deney grubu 1	-	-	-	-	96.32	-	A*	3.92	86.26	100.04	4.07

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

	Deney grubu 2	100	1	0	0	83.20	↓13.62	D	0.36	82.55	83.60	0.43
	Deney grubu 3	100	1	0	1	85.59	↓11.14	BC	0.34	85.07	86.13	0.40
	Deney grubu 4	100	1	1	0	84.86	↓11.90	C	0.48	83.93	85.74	0.56
	Deney grubu 5	100	1	0	2	86.49	↓10.21	B	0.58	85.48	87.13	0.67
	Deney grubu 6	100	1	2	0	83.19	↓13.63	D**	0.40	82.73	84.09	0.48
	Deney grubu 7	100	1	1	1	85.05	↓11.70	BC	0.53	84.38	85.98	0.62

Homojenlik grubu sütunu için *: En yüksek sonuç değerini ve **: En düşük sonuç değerini vermektedir.
Çalışmada kaynatma uygulamasında su kullanılmamıştır.
Deney grubu 1: Kontrol deney örneğini temsil etmektedir. Herhangi bir boyama işlemi yapılmamıştır.
Deney grubu 2: 1 gr pamuk kumaşı 100 ml doğal maden suyu + 1 gr kahve tozu ile 100ºC'de 1 saat sürede cam bir kapta kaynatılmıştır.
Deney grubu 3: 1 gr pamuk kumaşı 100 ml doğal maden suyu + 1 gr kahve tozu + 1 gr karbonat ile 100ºC'de 1 saat sürede cam bir kapta kaynatılmıştır.
Deney grubu 4: 1 gr pamuk kumaşı 100 ml doğal maden suyu + 1 gr kahve tozu + 1 gr kan taşı ile 100ºC'de 1 saat sürede cam bir kapta kaynatılmıştır.
Deney grubu 5: 1 gr pamuk kumaşı 100 ml doğal maden suyu + 1 gr kahve tozu + 2 gr karbonat ile 100ºC'de 1 saat sürede cam bir kapta kaynatılmıştır.
Deney grubu 6: 1 gr pamuk kumaşı 100 ml doğal maden suyu + 1 gr kahve tozu + 2 gr kan taşı ile 100ºC'de 1 saat sürede cam bir kapta kaynatılmıştır.
Deney grubu 7: 1 gr pamuk kumaşı 100 ml doğal maden suyu + 1 gr kahve tozu + 1 gr kan taşı + 1 gr karbonat ile 100ºC'de 1 saat sürede cam bir kapta kaynatılmıştır.
% değişim oranları kumaşların boyanmamış halleri ve boyanmış halleri ile kıyaslanarak hesaplanmıştır.

*L** değerlerinde deney grubu 1 no'lu örnekler yüksek bulunurken, diğer bütün deney grubu örneklerinde (2, 3, 4, 5, 6 ve 7) azalışlar görülmüştür. En yüksek azalış oranı 1 gr pamuk kumaşı 100 ml doğal maden suyu + 1 gr kahve tozu + 1 gr kan taşı ile 100ºC'de 1 saat sürede kaynatılmış olan deney grubu 4 no'lu örneklerde bulunmuştur (Çizelge 4).
*C**, *b** ve *a** değerlerinde deney grubu 1 no'lu örnekler üzerinde düşük sonuçlar elde edilirken, diğer bütün deney grubu örneklerinde (2, 3, 4, 5, 6 ve 7) artışlar belirlenmiştir. En yüksek artış oranı 1 gr pamuk kumaşı 100 ml doğal maden suyu + 1 gr kahve tozu + 1 gr kan taşı ile 100ºC'de 1 saat sürede kaynatılmış olan Deney grubu 4 no'lu örneklerde belirlenmiştir (Çizelge 4).
*h*º değerlerinde ise deney grubu 1 no'lu örnekler yüksek elde edilirken, diğer bütün deney grubu örneklerinde (2, 3, 4, 5, 6 ve 7) azalışlar tespit edilmiştir. En yüksek azalış oranı 1 gr pamuk kumaşı 100 ml doğal maden suyu + 1 gr kahve tozu + 2 gr kan taşı ile 100ºC'de 1 saat sürede kaynatılan deney grubu 6 no'lu örneklerde elde edilmiştir (Çizelge 4).

4. Sonuçlar

Araştırmamızda kullanılan doğal maden suyu, karbonat, kan taşı ve kahve tozu maddelerinin pamuklu kumaşlar üzerinde renk parametrelerinde değişimlere neden olduğu tespit edilmiştir.

Kaynaklar

ASTM D 2244-3, (2007). Standard practice for calculation or color tolerances and color, differences from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.
Directive, E.U., (2009). 54/EC of the European Parliament and of the Council of 18 June 2009 on the exploitation and marketing of natural mineral waters. Official Journal of the European Union L, 164.
Feru, A., (2004). Bottled natural mineral waters in Romania, Environmental Geology, 46(5): 670-674. DOI: 10.1007/s00254-004-1006-3.
Fillimonova, E., Kharitonova, N., Baranovskaya, E., Maslov, A., and Aseeva, A., (2022). Geochemistry and therapeutic properties of Caucasian mineral waters: a review,

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Environmental Geochemistry and Health, 44(7): 2281-2299. DOI: 10.1007/s10653-021-01160-1.
Jirouš, R.V., and Ljuljka, B., (1999). Boja drva i njezine promjene prilikom izlaganja atmosferskim utjecajima, Drvna Industrija, 50(1): 31-39.
Kekes, T., Tzia, C., and Kolliopoulos, G., (2023). Drinking and natural mineral water: treatment and quality-safety assurance, Water, 15(13): 2325. DOI: 10.3390/w15132325.
Kløve, B., Ala-Aho, P., Bertrand, G., Boukalova, Z., Ertürk, A., Goldscheider, N., Ilmonen, J., Karakaya, N., Kupfersberger, H., Kvœrner, J., Lundberg, A., Mileusnić, M., Moszczynska, A., Muotka, T., Preda, E., Rossi, P., Siergieiev, D., Šimek, J., Wachniew, P., Angheluta, V., and Widerlund, A., (2011). Groundwater dependent ecosystems. Part I: Hydroecological status and trends, Environmental Science & Policy, 14(7): 770-781. DOI: 10.1016/j.envsci.2011.04.002.
Lange, D.R., (1999). Fundamentals of Colourimetry - Application Report No. 10e. DR Lange: New York, NY, USA.
Li, Y., Bian, J., Li, J., Ma, Y., and Anguiano, J.H.H., (2022). Hydrochemistry and stable isotope indication of natural mineral water in Changbai Mountain, China, Journal of Hydrology: Regional Studies, 40: 101047. DOI: 10.1016/j.ejrh.2022.101047.
Lourenço, C., Ribeiro, L., and Cruz, J., (2010). Classification of natural mineral and spring bottled waters of Portugal using principal component analysis, Journal of Geochemical Exploration, 107(3): 362-372. DOI: 10.1016/j.gexplo.2010.08.001.
Quattrini, S., Pampaloni, B., and Brandi, M.L., (2017). Natural mineral waters: chemical characteristics and health effects, Clinical Cases in Mineral and Bone Metabolism, 13(3): 173. DOI: 10.11138/ccmbm/2016.13.3.173.
Teixeira, F.J., and Gomes, C.S.F., (2021). Mineral Water: Essential to Life, Health, and Wellness. In: Gomes, C., Rautureau, M. (eds) Minerals latu sensu and Human Health, Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-65706-2_13.
Van der Aa, M., (2003). Classification of mineral water types and comparison with drinking water standards, Environmental Geology, 44(5): 554-563. DOI: 10.1007/s00254-003-0791-4.
Zuurdeeg, B.W., and Weiden, M.J.J., van der, (1985). Geochemical aspects of European bottled water. In: Geothermics thermal mineral waters and hydrogeology, Theophrastus Publications SA, Athens.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Uludağ Göknarı Odunu Yüzeylerinde Şap Ve Altın Otu Çiçeği Bitkisine Ait Eksraktın Boyama İşlemlerinde Kullanılması

Doç. Dr. Ümit AYATA

*Bayburt Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Bayburt, Türkiye
Sorumlu yazar: umitayata@yandex.com, ORCID ID: 0000-0002-6787-7822

Özet

Bu çalışmada, Uludağ göknarı odunu yüzeylerinde şap ve altın otu çiçeği bitkisine ait eksraktın boyama işlemlerinde kullanılması sonrasında meydana gelen renk parametrelerinde farklılıklar belirlenmiştir. Deneysel tasarımı kontrol deney örnekleri (herhangi bir yüzey işlemi yok) ve 1 gr altın otu çiçeği (*Helichrysum arenarium*) bitkisi ekstraktına sahip 50 mlt su mordansız boyalı deney örnekleri ve gr altın otu çiçeği bitkisi ekstraktına sahip 50 mlt su mordanlı (1, 1.5, 2 ve 2.5 gr) boyalı deney örneklerinden oluşmaktadır. Sonuçlara göre, boyalı örneklerde boyasız örneklere kıyasla L^* değerleri azalırken, diğer bütün parametrelerde artışların olduğu görülmüştür. Buna ek olarak, mordanlı boyalı örneklerin, mordansız boyalı örneklere kıyasla da a^* değerlerinde azalışlar görülürken, b^*, C^* ve h^o değerlerinde artışlar belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Uludağ göknarı, Altın otu çiçeği, Renk parametreleri, Mordan, Şap

Use of Alum and *Helichrysum* Extract in Dyeing Processes on Uludağ Fir Wood

Abstract

This study determined differences in color parameters resulting from the use of alum and *Helichrysum* extract in dyeing processes on Uludağ Fir wood. The experimental design consisted of control samples (no surface treatment), samples dyed with 1 g of *Helichrysum arenarium* plant extract in 50 ml of water without mordant, and samples dyed with 1 g of *Helichrysum arenarium* plant extract in 50 ml of water with mordant (1, 1.5, 2, and 2.5 g). The results showed that L^* values decreased in the dyed samples compared to the undyed samples, while all other parameters increased. Additionally, a^* values decreased in mordant-dyed samples compared to non-mordant-dyed samples, while b^*, C^*, and h^o values increased.

Keywords: Uludağ fir, *Helichrysum* flower, Color parameters, Mordant, Alum

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

1. Giriş

Bitkisel renklendiricilerin bir diğer kullanım yöntemi de ahşabın rengini değiştirmektir. Ahşap, temel kimyasal bileşiminde oksidasyon veya diğer değişiklikler nedeniyle kromofor kazanabilen çeşitli fonksiyonel gruplar içermektedir. Ayrıca, doğal kromofor karakteri çeşitli modifikasyon prosedürleriyle yoğunlaştırılabilmektedir veya hatta değiştirilebilmektedir. Renk modifikasyon yöntemleri genellikle, teknik kurutma, buharlama veya termal modifikasyon gibi yüksek sıcaklık ve bağıl nemdeki reaksiyonlara dayanmaktadır (Bechtold ve Mussak, 2009).

Doğal boyaların, tarihi çağlardan beri gıda maddeleri, deri ve pamuk, yün ve ipek gibi yaygın tekstil liflerini renklendirmek için kullanıldığı bilinmektedir. Ancak sentetik boyaların ortaya çıkışı ve doğal boyalara kıyasla daha iyi haslık özelliklerine sahip olmaları nedeniyle, doğal boyaların kullanımı önemli ölçüde azalmıştır. Mevcut durumda, tüketiciler tarafından kullanılan ürünlerin çevre dostu ve sürdürülebilir olması konusundaki endişeler artmış ve doğal boyalar yeniden popülerlik kazanmaya başlamıştır (Samanta, 2020).

Doğal boyalar bitkinin herhangi bir kısmından (yaprak, tohum, meyve, kabuk, çiçek, kök vb.) elde edilebilmektedir (Ansari ve Thakur, 2000; Rekaby ve ark., 2009).

Doğal boyalar, tarih öncesi çağlardan beri başlıca uygulama alanları olarak gıda substratları, deri ve yün, ipek ve pamuk gibi doğal protein liflerinin renklendirilmesinde kullanılmalarıyla bilinmektedir (Samanta ve Agarwal, 2009).

Bitkisel materyalin standardizasyonu, belirli bir bitki materyali partisinin belirli boyama özellikleri (renk yoğunluğu ve tonu) açısından değerlendirilmesine yönelik yöntemlerin geliştirilmesini gerektirmektedir. Bu prosedürler, bitki materyalinin türüne bağlı olarak analitik yöntemlere dayanmaktadır. İdeal bir durumda, özütün karakterizasyonu, doğal boyarmadde üreticisinin, boyarmadde terbiyesi sırasında sentetik bir boyarmaddenin standardizasyonuna benzer şekilde, belirli bir materyal partisini istenen standart renk yoğunluğu ve tonuna ayarlamasına olanak tanımaktadır (Bechtold ve ark., 2007).

Boyalar, renklendirmek istedikleri malzemelerle doğrudan etkileşime girmediği bildirilmiştir. Doğal boyalar substantiftir ve kumaşa tutunmak için bir mordan gerektirmektedir. Bu da rengin ışığa maruz kalma veya yıkama sonucu solmasını önlemektedir. Bu bileşikler doğal boyaları kumaşlara bağlamaktadır. Mordan, boya ile elyaf arasında gerçekleşen kimyasal reaksiyona yardımcı olan ve boyanın emilmesini sağlayan bir elementtir. Boyama için kullanılan kaplar reaktif olmayan (emaye, paslanmaz çelik) olmalıdır. Pirinç, bakır veya demir kaplar kendi mordanlamalarını yapmaktadır (Siva, 2007).

Doğal boyalar çevre dostudur, daha iyi biyolojik olarak parçalanabilirlik gösterir ve genellikle sentetik boyalara göre çevreyle daha yüksek bir uyumluluğa sahip olduğu bildirilmiştir (Ahlström ve ark., 2005; Geetha ve Sumathy, 2013).

Mordanlama genel olarak boya performansını iyileştirmiş ve boyacının geniş bir yelpazedeki doğal ve sentetik elyafta, genişletilmiş renk aralığı ve daha iyi haslık özellikleriyle geniş bir renk yelpazesi elde etmesine yardımcı olmuştur (Kadolph ve Casselman, 2004; Shahid ve Mohammad, 2013).

Helichrysum arenarium (L.) Moench, *Asteraceae* familyasından çok yıllık bir bitkidir. Bu tür, Polonya'da kısmen koruma altındadır. Çiçeklenme mevsiminin başında toplanan çiçek salkımı (Infl *orescentia Helichrysi* = Flos *Stoechados citrini*), değerli bitkisel materyal kaynağıdır (Ożarowski, 1983; Gawron-Gzella ve ark., 2003; Sawilska, 2007).

Helichrysum arenarium, Litvanya'da çoğunlukla kuru kumlu topraklarda kendiliğinden yetişen cinsin tek türüdür. Hafif asidik veya nötr topraklarda yaygın olan küçük (15-40 cm) bir çalıdır ve alkali topraklarda bulunmadığı bildirilmiştir. Tercih edilen yaşam alanları, düşük azot ve potasyum konsantrasyonuna sahip humus bakımından fakir olduğu söylenmiştir (Radušienė, 2002; Judžentienė ark., 2019).

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Kuzey yarımkürede, Sarıkantaron Haziran sonundan Ağustos ayına kadar çiçek açmaktadır. Çiçekler çok sayıdadır ve altın sarısı renktedir. Biseksüeldirler ve 5 yeşil çanak yaprak, 5 sarı taç yaprak, 3 stilus ve çok sayıda erkek organdan (20'den fazla) oluştuğu bildirilmiştir. Geniş panikülat, neredeyse korimboz bir çiçeklenme oluştururlar. Taç yapraklarının kenarları boyunca dağınık siyah noktalar bulunmaktadır. Çanak yapraklar mızrak şeklindedir ve taç yapraklardan çok daha küçüktür. Tohum kapsülü 3 hücreli, dikdörtgen-oval veya geniş ovoid, sarı glandüler uzunlamasına çizgiler ve çizgilerle kahverengidir. Tohum kapsülünün her bir hücresi çok sayıda tohum içermektedir. Kök sistemi rizomatözdür ve bitkinin tabanı etrafında çok sayıda bazal sürgün üretmektedir. Bu bitki, kromozom sayısı 2n=32 olan tetraploid bir bitkidir. Türün, sözde eşeyli üreme yapan bir fakültatif apomikt olduğu düşünülmektedir (Noack, 1941; Martonfi ve ark., 1996; Radušienė, 2005).

Helichrysum arenarium (Helichrysi flos) çiçek salkımları, safra kesesi ve mide rahatsızlıkları, sistit ve artrit tedavisinde halk hekimliğinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Hammaddenin terapötik etkisi esas olarak flavonoidler ve polifenollerin varlığına atfedilmektedir (Vrkoc ve ark., 1983; Czinner ve ark., 1999; Lemberkovics ark., 2002; Radušienė ve Judžentienė, 2008).

Bu çalışmada, Uludağ göknarı odunu yüzeylerinde şap ve altın otu çiçeği bitkisine ait eksraktın boyama işlemlerinde kullanılması sonrasında meydana gelen renk parametrelerinde farklılıklar belirlenmiştir.

2. Materyal ve Metot

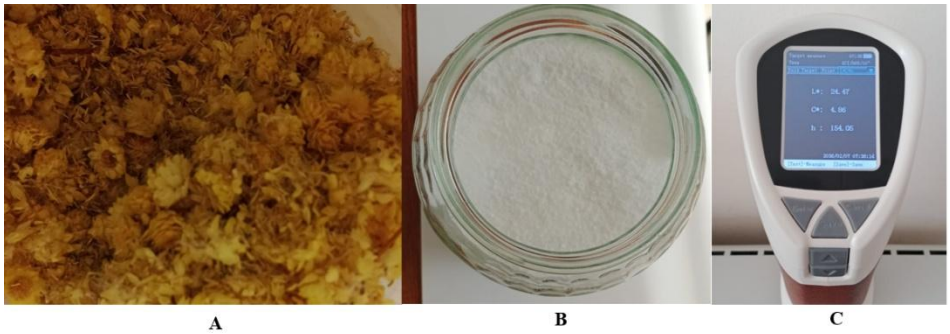
Bu çalışmada, Uludağ göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* Mattf.) odununa ait olan deney örnekleri 90 mm x 90 mm x 15 mm boyutlarında hazırlanmıştır. Örnekler üzerinde iklimlendirme işlemleri gerçekleştirilmiştir (ISO 554, 1976).

Boyama işleminde altın otu çiçeği (*Helichrysum arenarium*) ve mordanlama işlemlerinde ise şap maddesi satın alınma yöntemi ile elde edilmiştir.

Deneysel tasarımı: Kontrol deney örneği (herhangi bir yüzey işlemi yok) ve 1 gr altın otu çiçeği (*Helichrysum arenarium*) bitkisi ekstraktına sahip 50 mlt su mordansız boyalı deney örnekleri ve gr altın otu çiçeği bitkisi ekstraktına sahip 50 mlt su mordanlı (1, 1.5, 2 ve 2.5 gr) boyalı deney örnekleri.

Boyama öncesi ve sonrası yüzey renk değişimleri, bir renk cihazı ve ASTM D 2244-3 (2007) standardı ile belirlenmiştir. ΔC^* parametresi renk doygunluğundaki farkı, ΔH^* ise ton veya gölge farklılığını ifade etmektedir (Lange, 1999).

Çalışmada kullanılan ekipmanlara ve malzemelere ait görüntüler Şekil 1'de gösterilmektedir.



A B C

Şekil 1. Altın otu çiçeği (A), şap (B) ve renk ölçüm cihazı (C)

Toplam renk farkları aşağıdaki formüller ile hesaplanmıştır.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

$$\Delta C^* = (C^*_{\text{işlem görmüş}}) - (C^*_{\text{işlem görmemiş}}) \quad (1)$$
$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0.5} \quad (2)$$
$$h^o = \arctan(b^*/a^*) \quad (3)$$
$$\Delta H^* = [(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2]^{0.5} \quad (4)$$
$$\Delta a^* = (a^*_{\text{işlem görmüş}}) - (a^*_{\text{işlem görmemiş}}) \quad (5)$$
$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0.5} \quad (6)$$
$$\Delta L^* = (L^*_{\text{işlem görmüş}}) - (L^*_{\text{işlem görmemiş}}) \quad (7)$$
$$\Delta b^* = (b^*_{\text{işlem görmüş}}) - (b^*_{\text{işlem görmemiş}}) \quad (8)$$

Çizelge 1'de Jirouš ve Ljuljka, (1999)'ya göre renk değişim aralığı ile ilgili ve Δa^*, ΔL^*, Δb^* ve ΔC^* değerleri için (Lange, 1999) bazı önemli bilgiler gösterilmektedir.

Çizelge 1. Renk parametreleri ile ilgili önemli bilgiler

	Parametre	Referansa göre durumu		
		Negatif		Pozitif
Δa^*, ΔL^*, Δb^* ve ΔC^* (Lange, 1999)	Δb^*	Daha mavi		Daha sarı
	ΔL^*	Daha koyu		Daha açık
	Δa^*	Daha yeşil		Daha kırmızı
	ΔC^*	Mat, daha bulanık		Daha net ve daha parlak
Jirouš ve Ljuljka, (1999) renk aralığı	ΔE^* aralığı	Renk değişim tahmini	ΔE^* aralığı	Renk değişim tahmini
	< 0.20	Anlaşılamaz	3.00 - 6.00	Çok belirgin
	0.20 - 0.50	Çok hafif	6.00 - 12.00	Yoğun
	0.50 - 1.50	Hafif	> 12.00	Çok yoğun
	1.50 - 3.00	Belirgin		

Bir istatistik programı tarafından standart sapma, varyans analizleri, % değişim oranları, en düşük ve en yüksek ölçümlere ait veriler, ortalamalar, ve homojenlik grupları belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Sadece boyasız ve mordansız boyalı uygulamalar üzerinde ölçülen renk parametrelerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Bütün renk parametrelerinde boyama uygulaması anlamlı olarak belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Sadece boyasız ve mordansız boyalı uygulamalar üzerinde ölçülen renk parametrelerine ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Test	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F Değeri	p≤0.05 (*: Anlamlı)
Boyama Uygulaması	L^*	167.215	1	167.215	6319.954	0.000*
	a^*	11.705	1	11.705	367.155	0.000*
	b^*	212.422	1	212.422	8716.124	0.000*
	C^*	224.852	1	224.852	8966.192	0.000*
	h^o	2.339	1	2.339	11.879	0.003*
Hata	L^*	0.476	18	0.026		
	a^*	0.574	18	0.032		
	b^*	0.439	18	0.024		
	C^*	0.451	18	0.025		
	h^o	3.545	18	0.197		
Toplam	L^*	123901.445	20			
	a^*	558.918	20			
	b^*	7627.961	20			
	C^*	8194.134	20			
	h^o	111742.184	20			
Düzeltilmiş	L^*	167.692	19			

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Toplam	*a**	12.278	19			
	*b**	212.860	19			
	*C**	225.304	19			
	h^{o}	5.884	19			

Sadece boyasız ve mordansız boyalı uygulamalar üzerinde renk parametrelerine ait ölçüm sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir. Şap kullanmadan yapılan boyama uygulamasına sahip deny örneklerinde *L** parametrelerinde azalmalar görülürken, diğer bütün parametreler üzerinde artışlar tespit edilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Sadece boyasız ve mordansız boyalı uygulamalar üzerinde renk parametrelerine ait ölçüm sonuçları

Test	Boyama Uygulaması	Orta-lama	Değişim Oranı (%)	*HG*	Standart Sapma	Mini-mum	Maksi-mum	Varyasyon Katsayısı
*L**	Yok	81.55	↓7.10	A*	0.14	81.22	81.64	0.18
	Var	75.76		B**	0.18	75.54	76.00	0.24
*a**	Yok	4.46	↑34.30	B**	0.06	4.37	4.55	1.44
	Var	5.99		A*	0.24	5.46	6.28	4.07
*b**	Yok	16.00	↑40.69	B**	0.14	15.88	16.35	0.89
	Var	22.51		A*	0.17	22.22	22.80	0.75
*C**	Yok	16.61	↑40.34	B**	0.14	16.49	16.96	0.85
	Var	23.31		A*	0.17	22.88	23.49	0.75
h^{o}	Yok	74.40	↑0.93	B**	0.23	74.00	74.70	0.30
	Var	75.09		A*	0.59	74.29	76.20	0.78
HG: Homojenlik Grubu sütunu için *: En yüksek sonuç, **: En düşük sonuç, Ölçüm Sayısı: 10								

Sadece boyalı deney örnekleri üzerinde renk parametrelerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4'de gösterilmektedir. Bütün renk parametrelerinde mordan maddesi miktarı anlamlı olarak belirlenmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Sadece boyalı deney örnekleri üzerinde renk parametrelerine ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Test	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F Değeri	p≤0.05 (*: Anlamlı)
Mordan Maddesi Miktarı	*L**	136.056	5	27.211	180.193	0.000*
	*a**	34.706	5	6.941	160.467	0.000*
	*b**	563.992	5	112.798	1074.492	0.000*
	*C**	501.112	5	100.222	868.782	0.000*
	h^{o}	410.792	5	82.158	555.001	0.000*
Hata	*L**	8.155	54	0.151		
	*a**	2.336	54	0.043		
	*b**	5.669	54	0.105		
	*C**	6.229	54	0.115		
	h^{o}	7.994	54	0.148		
Toplam	*L**	354379.685	60			
	*a**	1375.541	60			
	*b**	52158.201	60			
	*C**	53492.158	60			
	h^{o}	390313.234	60			
Düzeltilmiş Toplam	*L**	144.211	59			
	*a**	37.042	59			
	*b**	569.661	59			
	*C**	507.342	59			
	h^{o}	418.786	59			

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Sadece boyalı (mordanlı ve mordansız) deney örnekleri üzerinde renk parametrelerine ait ölçüm sonuçları Çizelge 5'de verilmiştir. Şap maddesinin boyama işlemlerine katılması ile *L** değerlerinde 0.5 gr ile %2.52, 1.0 gr ile %4.41, 1.5 gr ile %2.10 ve 2.5 gr ile %1.43 oranlarında artışlar belirlenirken, 2.0 gr ile %1.91 oranında azalış telde edilmiştir. Buna ek olarak, şap eklenmesi ile *a** değerlerinde (0.5 gr ile %25.71, 1.0 gr ile %25.21, 1.5 gr ile %30.38, 2.0 gr ile %8.85 ve 2.5 gr ile %36.89), *b** değerlerinde (0.5 gr ile %34.96, 1.0 gr ile %34.56, 1.5 gr ile %35.63, 2.0 gr ile %39.36 ve 2.5 gr ile %37.05), *C** değerlerinde (0.5 gr ile %31.62, 1.0 gr ile %31.36, 1.5 gr ile %32.18, 2.0 gr ile %36.38 ve 2.5 gr ile %33.38) ve h^o değerlerinde (0.5 gr ile %8.75, 1.0 gr ile %8.64, 1.5 gr ile %9.50, 2.0 gr ile %6.71 ve 2.5 gr ile %10.53) artışlar tespit edilmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Sadece boyalı (mordanlı ve mordansız) deney örnekleri üzerinde renk parametrelerine ait ölçüm sonuçları

Test	Mordan Miktarı (gr)	Orta-lama	Değişim Oranı (%)	*HG*	Standart Sapma	Mini-mum	Maksi-mum	Varyasyon Katsayısı
*L**	0.0	75.76	-	D	0.18	75.54	76.00	0.24
	0.5	77.67	↑2.52	B	0.29	77.34	78.12	0.37
	1.0	79.10	↑4.41	A*	0.11	78.97	79.35	0.14
	1.5	77.35	↑2.10	B	0.70	75.80	77.96	0.90
	2.0	74.31	↓1.91	E**	0.52	73.42	75.02	0.71
	2.5	76.84	↑1.43	C	0.12	76.71	77.16	0.16
*a**	0.0	5.99	-	A*	0.24	5.46	6.28	4.07
	0.5	4.45	↓25.71	C	0.13	4.28	4.61	2.90
	1.0	4.48	↓25.21	C	0.16	4.09	4.69	3.53
	1.5	4.17	↓30.38	D	0.33	3.77	4.72	7.81
	2.0	5.46	↓8.85	B	0.21	5.21	5.80	3.84
	2.5	3.78	↓36.89	E**	0.09	3.67	3.92	2.37
*b**	0.0	22.51	-	D**	0.17	22.22	22.80	0.75
	0.5	30.38	↑34.96	C	0.17	30.06	30.55	0.55
	1.0	30.29	↑34.56	C	0.23	29.90	30.57	0.75
	1.5	30.53	↑35.63	C	0.42	30.07	31.20	1.38
	2.0	31.37	↑39.36	A*	0.32	30.99	32.05	1.01
	2.5	30.85	↑37.05	B	0.49	30.02	31.51	1.60
*C**	0.0	23.31	-	D**	0.17	22.88	23.49	0.75
	0.5	30.68	↑31.62	C	0.15	30.40	30.86	0.49
	1.0	30.62	↑31.36	C	0.24	30.24	30.91	0.77
	1.5	30.81	↑32.18	BC	0.46	30.34	31.55	1.48
	2.0	31.79	↑36.38	A*	0.36	31.34	32.57	1.12
	2.5	31.09	↑33.38	B	0.50	30.25	31.75	1.60
h^o	0.0	75.09	-	E**	0.59	74.29	76.20	0.78
	0.5	81.66	↑8.75	C	0.25	81.34	82.01	0.31
	1.0	81.58	↑8.64	C	0.27	81.26	82.23	0.34
	1.5	82.22	↑9.50	B	0.50	81.38	82.86	0.61
	2.0	80.13	↑6.71	D	0.37	79.46	80.66	0.46
	2.5	83.00	↑10.53	A*	0.12	82.79	83.18	0.15

HG: Homojenlik Grubu sütunu için *: En yüksek sonuç, **: En düşük sonuç, Ölçüm Sayısı: 10

Deney örneklerine (mordanlı boyalı, mordansız boyalı, boyasız) ait toplam renk farklılıkların sonuçları Çizelge 6'da sunulmaktadır. Yapılan uygulamalar ile Δ*b** değerlerinin hepsi pozitif (referansa göre durumu daha sarı), Δ*C** değerlerinin hepsi pozitif (referansa göre durumu daha net ve daha parlak) olarak elde edilmiştir. Şap maddesini eklenmiş boyalı ve boyasız örnekler arasında Δ*L** değerleri negatif (referansa göre durumu daha koyu) olarak

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

bulunmuştur. Δ*a** değerleri şap ile boyalı ve şap kullanılmadan yapılan boyalı örnekler arasında negatif (referansa göre durumu daha yeşil) olarak elde edilmiştir. Renk kriteri (Jirouš ve Ljuljka, 1999) açısından bakıldığında ise, şap ile boyalı ve şap kullanılmadan yapılan boyalı örnekler arasında "çok yoğun (> 12.00)" kriteri, şap kullanılmadan boyalı ve boyasız örnekler ile şap kullanılan boyalı ve şap kullanılmadan boyalı örnekler üzerinde "yoğun (6.00 - 12.00)" kriteri şeklinde bulundukları belirlenmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Toplam renk farklılıklarına ait sonuçlar

Uygulamalar Arasındaki Farklar	Δ*L**	Δ*a**	Δ*b**	Δ*C**	Δ*H**	Δ*E**	Renk kriteri (Jirouš ve Ljuljka, 1999)
0.0 gr şap ile boyalı deney örneği ile boyasız deney örneği arasındaki fark	-5.78	1.53	6.52	6.71	-	8.85	Yoğun (6.00 - 12.00)
0.5 gr şap ile boyalı deney örneği ile boyasız deney örneği arasındaki fark	-3.88	-0.02	14.39	14.08	2.98	14.90	Çok yoğun (> 12.00)
1.0 gr şap ile boyalı deney örneği ile boyasız deney örneği arasındaki fark	-2.45	0.02	14.29	14.01	2.82	14.50	
1.5 gr şap ile boyalı deney örneği ile boyasız deney örneği arasındaki fark	-4.20	-0.29	14.53	14.20	3.10	15.13	
2.0 gr şap ile boyalı deney örneği ile boyasız deney örneği arasındaki fark	-7.24	1.00	15.37	15.18	2.61	17.02	
2.5 gr şap ile boyalı deney örneği ile boyasız deney örneği arasındaki fark	-4.71	-0.68	14.86	14.48	3.41	15.60	
0.5 gr şap ile boyalı deney örneği ile 0.0 gr şap ile boyalı deney örneği arasındaki fark	1.90	-1.55	7.87	7.37	3.16	8.24	Yoğun (6.00 - 12.00)
1.0 gr şap ile boyalı deney örneği ile 0.0 gr şap ile boyalı deney örneği arasındaki fark	3.33	-1.51	7.77	7.30	3.06	8.59	
1.5 gr şap ile boyalı deney örneği ile 0.0 gr şap ile boyalı deney örneği arasındaki fark	1.58	-1.82	8.02	7.50	3.37	8.37	
2.0 gr şap ile boyalı deney örneği ile 0.0 gr şap ile boyalı deney örneği arasındaki fark	-1.46	-0.54	8.86	8.48	2.61	8.99	
2.5 gr şap ile boyalı deney örneği ile 0.0 gr şap ile boyalı deney örneği arasındaki fark	1.08	-2.21	8.34	7.77	3.74	8.69	

4. Sonuçlar

Çalışmada kullanılan şap maddesinin ve altın otu çiçeği bitkisine ait ekstraktın ahşap malzemeye ait renginde değişimlere neden olduğu görülmüştür.

Kaynaklar

Ahlström, L. H., Eskilsson, C. S., and Björklund, E., (2005). Determination of banned azo dyes in consumer goods, TrAC Trends in Analytical Chemistry, 24(1): 49-56. DOI: 10.1016/j.trac.2004.09.004.

Ansari, A., and Thakur, B.D., (2000). Extraction, characterisationand application of a natural dye: the eco-friendly textile col-orant. Colourage, 47(7): 15.

ASTM D 2244-3, (2007). Standard practice for calculation or color tolerances and color, differences from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.

Bechtold, T., and Mussak, R., (2009). Handbook of natural colorants (Vol. 8). John Wiley & Sons, Ltd. ISBN: 978-0-470-51199-2.

Bechtold, T., Mahmud-Ali, A., and Mussak, R., (2007). Natural dyes for textile dyeing: A comparison of methods to assess the quality of Canadian golden rod plant material, Dyes and Pigments, 75(2): 287-293. DOI: 10.1016/j.dyepig.2006.06.004.

Czinner, E., Kéry, A., Hagymási, K., Blázovics, A., Lugasi, A., Szoke, E., and Lemberkovics, E., (1999). Biologically active compounds of *Helichrysum arenarium* (L.) Moench,

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

European Journal of Drug Metabolism and Pharmacokinetics, 24(4): 309-313. DOI: 10.1007/BF03190038.

Gawron-Gzella, A., Bylka, W., and Matlawska, I., (2003). Digestion improving herbal drugs. Herba Polonica, 49(3-4).

Geetha, B., and Sumathy, V.J.H., (2013). Extraction of natural dyes from plants, International Journal of Chemistry and Pharmaceutical Sciences, 1(8): 502-509.

ISO 554, (1976). Standard atmospheres for conditioning and/or testing, International Standardization Organization, Geneva, Switzerland.

Jirouš, R.V., and Ljuljka, B., (1999). Boja drva i njezine promjene prilikom izlaganja atmosferskim utjecajima, Drvna Industrija, 50(1): 31-39.

Judžentienė, A., Charkova, T., and Misiūnas, A., (2019). Chemical composition of the essential oils from *Helichrysum arenarium* (L.) plants growing in Lithuanian forests. Journal of Essential Oil Research, 31(4): 305-311. DOI: 10.1080/10412905.2019.1572550.

Kadolph, S.J., and Casselman, K.D., (2004). In the bag: Contact natural dyes, Clothing and Textiles Research Journal, 22(1-2): 15-21. DOI: 10.1177/0887302X0402200103.

Lange, D.R., (1999). Fundamentals of Colourimetry - Application Report No. 10e. DR Lange: New York, NY, USA.

Lemberkovics, É., Czinner, E., Szentmihályi, K., Balázs, A., and Szőke, É. (2002). Comparative evaluation of Helichrysi flos herbal extracts as dietary sources of plant polyphenols, and macro-and microelements, Food Chemistry, 78(1), 119-127. DOI: 10.1016/S0308-8146(02)00204-2.

Martonfi, P., Brutovska R., Cellarova E. and Repcak M., (1996). Apomixis and hybridity in *Hypericum perforatum*, Folia Geobotanica Phytotaxonomia, 31: 389-396.

Noack, K.L., (1941). Geschlechtsverlust und Bastardierung beim Johanniskraut. Forsch. und Fortschr., 17: 13-15.

Ożarowski, A., (1983). Medicinal plants in phytotherapy. [In:] Phytotherapy. A guide for physicians. A. Ożarowski (ed.). Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich, Warszawa: 44-282 (in Polish).

Radušienė, J., (2002). Phenotypic variation in *Helichrysum arenarium* (L.) Moench from natural habitats, Biologija, 1: 65-68.

Radušienė, J., (2005). *Helichrysum arenarium* (L.) Moench (Everlasting). Spice-and Medicinal Plants in the Nordic and Baltic Countries, 55.

Radušienė, J., and Judžentienė, A., (2008). Volatile composition of *Helichrysum arenarium* field accessions with differently coloured inflorescences, Biologija, 54(2): 116-120. DOI: 10.2478/v10054-008-0024-6.

Rekaby, M., Salem, A.A., and Nassar, S.H., (2009). Eco-friendly printing of natural fabrics using natural dyes from alkanet and rhubarb, The Journal of The Textile Institute, 100(6): 486-495. DOI: 10.1080/00405000801962177.

Samanta, A.K., and Agarwal, P., (2009). Application of natural dyes on textiles. Indian Journal of Fibre & Textile Research, 34(4): 384-399.

Samanta, P., (2020). A review on application of natural dyes on textile fabrics and its revival strategy. Chemistry and technology of natural and synthetic dyes and pigments, 1-25.

Sawilska, A.K., (2007). The influence of origin of *Helichrysum arenarium* [L.] Moench individuals on their inflorescence yield and germination ability, Acta Agrobotanica, 60(2): 111-116.

Shahid, M., and Mohammad, F., (2013). Recent advancements in natural dye applications: a review, Journal of Cleaner Production, 53: 310-331. DOI: 10.1016/j.jclepro.2013.03.031.

Siva, R., (2007). Status of natural dyes and dye-yielding plants in India, Current Science, 2(7): 916-925.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Vrkoc, J., Ubik, K., and Sedmera, P., (1973). Phenolic extractives from the achenes of *Helichrysum arenarium*, Phytochemistry, 12(8). DOI: 10.1016/S0031-9422(00)91542-5.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

ÇOK FONKSİYONLU KABLOLU İNSANSIZ HAVA ARACI GELİŞTİRME

[1]Mekatronik Yüksek Mühendisi, Özge Ekrem
[1]Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği
ozge.ekrem@baibars.com.tr - 0009-0003-9665-9677

[2]Enerji Mühendisi, Batuhan Ünal
[2]Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği
batuhan@baibars.com.tr - 0009-0000-9337-1318

[3]Havacılık ve Uzay Mühendisi, Çağla Doksöz
[3]İskenderun Teknik Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Havacılık ve Uzay Mühendisliği
cagla.doksoz@baibars.com.tr - 0009-0001-3147-8360

[4]Mekatronik Mühendisi, Celal Çağlayan Erguvan
[4]Sabancı Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği
c@baibars.com.tr - 0009-0001-5504-7717

[5]Endüstri Mühendisi, Fırat Mehmet Kıllı
[5]Toros Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği
firat@baibars.com.tr - 0009-0004-4101-3905

[6]Mekatronik Mühendisi, Görkem Yıldırım
[6]Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği
görkem.yildirim@baibars.com.tr - 0009-0005-3195-1516

[7]Dr. Öğr. Üyesi Volkan Yamaçlı
[7]Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği
vyamacli@mersin.edu.tr - 0000-0003-0331-8818

ÖZET

Baibars Mekatronik Havacılık Sanayi A.Ş. bünyesinde, TÜBİTAK 1501 Sanayi Ar-Ge Destek Programı kapsamında yürütülen bu çalışmada; afet yönetimi, kritik altyapı gözetimi ve kamu güvenliği operasyonları için özel olarak tasarlanmış, kablolu (tethered) bir insansız hava aracı (İHA) sistemi sunulmaktadır. Geliştirilen bu bütünleşik mimari; yer güç istasyonu, akıllı kablo sarım ve yönetim mekanizması, fiber optik tabanlı haberleşme altyapısı, gelişmiş aviyonik sistemler ve yüksek taşıma kapasiteli çok rotorlu bir hava platformundan meydana gelmektedir. Sistemin enerji verimliliğini optimize etmek adına, yer istasyonunda şebekeden alınan 230 VAC enerji, aktif güç faktörü düzeltmeli (PFC) dönüştürücüler vasıtasıyla 370–400 VDC seviyesine yükseltilerek tether kablo üzerinden hava aracına iletilmektedir. Hava ünitesinde ise bu yüksek gerilim 48 VDC seviyesine düşürülerek tahrik sistemi, aviyonik birimler ve görev yükleri beslenmektedir. Bu yüksek gerilimli iletim stratejisi, uzun süreli operasyonlarda kablo üzerindeki enerji kayıplarını ve sistemin toplam ağırlığını azaltarak uçuş performansını ve görev süresini artırmaktadır. Kablo yönetimi, tersinir vida ve motor tahrikli tambur yapısına

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

sahip özgün bir mekanizma ile sağlanarak güvenli hareket kabiliyeti elde edilmiştir. Mekanik tasarımın dayanımı sonlu elemanlar yöntemi (FEA) ile analiz edilmiş ve yapısal bütünlüğü endüstriyel limitler dahilinde doğrulanmıştır. Yüksek elektromanyetik girişim (EMI) içeren ortamlarda veri güvenliğini sağlamak amacıyla fiber optik haberleşme altyapısı tercih edilmiş; komuta-kontrol, telemetri ve yüksek çözünürlüklü görüntü verileri tek hat üzerinden önceliklendirilerek aktarılmıştır. Elde edilen bulgular, önerilen mimarinin kritik kamu güvenliği senaryoları için sürdürülebilir, güvenilir ve yüksek performanslı bir çözüm sunduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Tethered İHA, Afet ve Kriz Yönetimi, Sürekli Enerji Beslemesi, Fiber Optik Haberleşme, Uzun Süreli Hava Platformları.

1. GİRİŞ

İnsansız Hava Araçları (İHA), son yirmi yılda askeri teknolojilerden sivil uygulamalara kadar çok geniş bir alanda devrim yaratmıştır. Günümüzde bu platformlar; hassas tarımsal veri toplama, kritik altyapıların denetlenmesi, 5G haberleşme ağlarının hızlı kurulumu ve özellikle afet yönetimi gibi stratejik alanlarda vazgeçilmez birer araç haline gelmiştir. Ancak bu teknolojinin yaygınlaşmasının önünde enerji duvarı olarak adlandırılan çok temel bir kısıtlama bulunmaktadır. Kim ve arkadaşları (2013) tarafından literatürde detaylandırıldığı üzere, çok rotorlu İHA sistemleri enerji ihtiyaçlarını büyük oranda lityum-polimer (Li-Po) bataryalardan karşılamakta, bu bataryaların enerji yoğunluğu ise uçuş sürelerini genellikle 20 ila 30 dakika gibi kısa bir aralığa hapsetmektedir. Bu süre kısıtı, kesintisiz hava gözetimi gerektiren deniz operasyonları veya deprem gibi afet durumlarında kurulması gereken geçici haberleşme röleleri için ciddi bir operasyonel zafiyet oluşturmaktadır (Xu, 2021). Bu operasyonel darboğazı aşmak amacıyla geliştirilen "Kablolu İHA" (Tethered UAV - TUAV) sistemleri, modern havacılıkta bir paradigma değişimini temsil etmektedir. Kablolu sistemler, hava aracını yerdeki bir güç istasyonuna (GCS) fiziksel bir umbilical (göbek) kablosu ile bağlayarak enerjinin sürekli akışını sağlar. Yingst ve Marojevic (2023) tarafından yapılan çalışmalarda, bu mimarinin teorik olarak sonsuz uçuş süresi sunduğu ve platformu adeta mobil bir baz istasyonu veya gözetleme kulesi gibi işlevsel kıldığı gösterilmiştir. Ancak literatür incelendiğinde, kablolu bir sistemin başarısının sadece "kablo bağlamak" ile sınırlı olmadığı; aksine güç iletim verimliliği, mekanik kablo yönetimi ve veri bütünlüğü gibi alanlarda çok karmaşık mühendislik ödünleşimleri içerdiği görülmektedir. Güç iletim stratejileri, kablolu İHA tasarımlarının en kritik bileşenidir. İHA'nın irtifası arttıkça kablonun parazitik ağırlığı ve elektriksel direnci artmakta, bu da aracın faydalı yük kapasitesini doğrudan azaltmaktadır. Boukoberine ve arkadaşları (2019), İHA enerji yönetimi üzerine yaptıkları kapsamlı incelemede, düşük gerilimli iletim hatlarının yüksek akım gerektirdiğini, bunun da kalın ve ağır kablo kullanımıyla sonuçlandığını belirtmişlerdir. Rodriguez ve ark. (2025) tarafından sunulan 16V gibi düşük gerilimli deneysel sistemlerin sadece çok düşük irtifalarda ve hafif platformlarda işleyebildiği görülmüştür. Öte yandan Yingst ve Marojevic (2023), 360VDC seviyesindeki bir mimarinin 122 metre irtifada 4 kg'dan fazla faydalı yük taşıyabildiğini kanıtlayarak yüksek gerilimli iletimin avantajlarını ortaya koymuştur. Bu çalışmada önerilen 500VDC yüksek gerilim mimarisi, literatürdeki mevcut sınırları bir adım daha ileri taşıyarak, Joule kayıplarını ($P=I^2R$)

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

minimize etmeyi ve çok daha ince, aerodinamik olarak verimli kabloların kullanımını mümkün kılmayı hedeflemektedir.

Yüksek gerilimli bir hat üzerinden güç iletmek, beraberinde Elektromanyetik Girişim (EMI) riskini getirmektedir. Güç ve veri hatlarının birbirine bitişik olduğu kablo yapılarında, kontrol sinyalleri ve yüksek çözünürlüklü görüntü verileri gürültüden (noise) etkilenerek bozulabilmektedir. Al-Hourani ve ark. (2014), sinyal-gürültü oranındaki (SNR) en küçük bir sapmanın kontrol kaybına veya video akışında gecikmelere (latency) yol açabileceğini göstermiştir. Bu teknik engeli aşmak için Shindo ve ark. (2022) tarafından tartışılan "Fiber Üzerinden Radyo" (RoF) ve optik veri aktarım konseptleri kritik önemdedir. Sistemimize entegre edilen fiber optik haberleşme altyapısı, EMI'ye karşı mutlak bir bağışıklık sağlayarak 4K görüntü verisinin kayıpsız iletimini garanti altına almaktadır. Dahası Matsuura (2021), metalik olmayan optik fiberlerin, özellikle yüksek irtifada uçan platformlar için ciddi bir tehdit olan yıldırım çarpmasına karşı koruyucu bir katman işlevi gördüğünü vurgulamaktadır. Kablo yönetimi ve mekanik stabilite üzerine yapılan literatür araştırmaları, iki ana akımın varlığını göstermektedir. Nicotra, Naldi ve Garone (2014) ile Sandino ve ark. (2013), kablonun sürekli gergin (taut) tutulmasını savunan kontrol yasaları geliştirmişlerdir. Bu yaklaşımda kablo, bir nevi mekanik kısıtlayıcı olarak kullanılarak rüzgâr hamleleri altında aracın savrulması engellenir. Ancak bu yöntemin dezavantajı, Schmidt ve Swik (1974) tarafından yıllar önce tespit edildiği üzere, kablo gerginliğinin motorlar üzerinde sürekli bir ek yük oluşturarak güç tüketimini artırmasıdır. Buna karşılık Talke ve arkadaşları (2022), "gevşek kablo" (slack/catenary) yönetimini önermişlerdir. Onların bulguları, kablonun bir eğri (katenary) oluşturacak şekilde serbest bırakılmasının, yer istasyonu ile İHA arasındaki mekanik etkileşimi izole ettiğini ve kablo gerilimini 12 kat azalttığını ortaya koymuştur. Bu çalışmada sunulan akıllı kablo yönetim mekanizması, tersinir vida yapısı ve motorlu tamburu sayesinde bu iki yaklaşımı optimize eden bir dengeleme stratejisi gütmektedir. Güvenlik parametreleri açısından bakıldığında, kablolu sistemlerin en büyük riski enerji hattında yaşanabilecek bir kopma veya istasyon arızasıdır. Ferreira de Castro ve ark. (2015), havada asılı duran kablolu bir platformun güç kesintisi anındaki dinamiklerini analiz ederek, kontrolsüz bir düşüşün hem araç hem de yerdeki unsurlar için büyük bir tehlike yarattığını belirtmiştir. Safwat ve ark. (2022) tarafından önerilen yedekli güç sistemleri (redundant power) bu noktada standart haline gelmiştir. Geliştirilen bu sistemde, 500VDC hattında bir kesinti yaşanması durumunda milisaniyeler içinde devreye giren onboard bir yedek batarya ünitesi bulunmaktadır. Elistair (2019) gibi endüstriyel çözümlerde görülen bu fail-safe mekanizması, aracın acil durum senaryolarında kontrollü bir şekilde başlangıç noktasına dönmesini sağlar. Sistemin operasyonel yayılımı ve yerleşimi konusunda ise Kishk ve arkadaşları (2020), kablolu İHA'ların üç boyutlu (3D) konumlandırması üzerine matematiksel modeller geliştirmişlerdir. Bu modeller, kablonun binalara veya engellere takılma riskini en aza indirirken, kapsama alanını maksimize edecek en uygun açıyı hesaplamaktadır. Ayrıca Safwat ve ark. (2022) tarafından geliştirilen Kablolu İHA'dan İHA'ya Röle (TU2U2G) stratejileri, bu sistemlerin sadece sabit noktalar için değil, hareketli operasyonlar için de birer haberleşme omurgası olabileceğini göstermiştir.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Sonuç olarak, Baibars tarafından geliştirilen bu sistem; literatürdeki HVDC verimliliğini, fiber optik teknolojisinin EMI bağışıklığını ve akıllı vinç sistemlerinin mekanik kararlılığını tek bir potada eritmektedir. Bu çalışma, sunulan teknik detaylar ve referans alınan akademik temeller ışığında, afet müdahale operasyonlarından kamu güvenliğine kadar geniş bir sahada sürdürülebilir, güvenilir ve yüksek performanslı bir havadan gözetleme çözümü sunmayı amaçlamaktadır. Elde edilen bulgular ve gerçekleştirilen üretim aşamaları, projenin sadece teorik bir yaklaşım değil, endüstriyel sınırlarda doğrulanmış bütünleşik bir mimari olduğunu kanıtlamaktadır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

Kablolu İHA sisteminin materyal seçimi; yüksek gerilimli enerji iletimi, uzun süreli havada kalış süreleri (persistent flight) ve elektromanyetik girişimden (EMI) bağımsız veri aktarımı gereksinimleri doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Sistem; yer ünitesi, hava ünitesi, kablo yönetim sistemi ve haberleşme bileşenlerinden oluşan bütünleşik bir donanım mimarisine sahiptir. Yer güç istasyonu (GCS), sistemin enerji kalbi olarak tasarlanmış olup şebekeden alınan AC enerjiyi yüksek voltajlı DC formuna dönüştüren materyalleri içerir. Ana güç kaynağı olarak, endüstriyel sınıftaki iki adet Meanwell CSP-3000-400 modülü kullanılmıştır. Bu modüller, programlanabilir özellikleri ve aktif Güç Faktörü Düzeltme (PFC) yetenekleri sayesinde 3 kW (toplam 6 kW) güç kapasitesi sunar. Yer istasyonunun beynini oluşturan kontrol anakartı üzerinde, yüksek işlem gücü ve düşük güç tüketimi sunan ESP-S3-Mini-1U mikrodenetleyici yer almaktadır. Anakart bileşenleri arasında, akım izleme için ACS serisi Hall-etkili sensörler, zaman damgalı veri kaydı için RTC (Real Time Clock) entegreleri ve sistem durumunun operatöre aktarılması için Nextion HMI dokunmatik ekran modülü bulunmaktadır. Ayrıca, ani gerilim dalgalanmalarına karşı sigorta ve varistör koruma devreleri materyal listesinin kritik parçalarıdır.

2.1.1. Hava Güç Ünitesi ve İletim Hattı

İHA platformu üzerinde yer alan hava güç ünitesi, yer istasyonundan gelen 370-400 VDC aralığındaki yüksek gerilimi karşılayarak sistemin ihtiyaç duyduğu baraları oluşturur. Burada materyal tercihi, yüksek verimliliği (≈%94,5) ve kompakt yapısı nedeniyle Meanwell NSP-3200-48 olarak belirlenmiştir. Bu modül, 3200 W kapasitesinde kararlı bir 48 VDC çıkış sağlayarak tahrik sistemlerini besler. Enerji iletimi için seçilen materyal, 500 V izolasyon dayanımına sahip H05VV-F (TTR) 2x0.75 mm² kablodur. Kablo, 55 kg/km gibi optimize edilmiş bir ağırlığa sahip olup havada asılı kalma (hover) durumunda motorların ürettiği itki kuvveti ile taşınabilir düzeydedir. Güvenlik materyali olarak, olası kablo kopmalarına karşı 12S 16 Ah Li-Po yedek batarya ünitesi sisteme entegre edilmiştir.

2.1.2. Kablo Sarım ve Yönetim Mekanizması Materyalleri

Kablo yönetim mekanizması hem hafiflik hem de mekanik mukavemet odaklı materyallerden imal edilmiştir. 100 metrelik kablo kapasitesine sahip ana tambur gövdesi, 50 mm çapında karbon fiber borudan üretilmiştir. Mekanizmanın iskeletini oluşturan parçalar 3B

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

yazıcı teknolojisi (PLA/ABS) ile prototiplenmiş, nihai üretimde ise kritik miller ve yataklar CNC tezgâhlarında işlenmiş alüminyum ve çelik alaşımlardan seçilmiştir. Tahrik materyali olarak yüksek torklu NEMA-17 step motor ve bu motoru sürmek için A4988 mikrostep sürücü modülü kullanılmıştır. Hassas konum takibi için limit switchler ve geri besleme üniteleri sisteme dahil edilmiştir.

2.1.3. Fiber Optik Haberleşme Bileşenleri

RF gürültüsünün yoğun olduğu sahalarda kesintisiz veri akışı sağlamak için Single-Mode fiber optik kablo seçilmiştir. Veri dönüşümünü gerçekleştiren materyaller, Xilinx Zynq-7000 SoC mimarisine sahip özel tasarım medya dönüştürücü kartlardır. Bu kartlar, SFP modülleri aracılığıyla optik sinyali IEEE 802.3 Ethernet protokolüne dönüştürür. Uçuş kontrol tarafında ise materyal olarak endüstri standardı olan Pixhawk/Orange Cube kontrol kartı ve santimetre hassasiyetinde konumlandırma sağlayan RTK (Real Time Kinematic) antenleri kullanılmıştır.

2.2. Metot

Sistemin geliştirilmesinde kullanılan metodoloji; mühendislik analizleri, aviyonik entegrasyon süreçleri ve yazılım tabanlı kontrol algoritmalarının hiyerarşik bir düzen içinde uygulanmasını kapsar.

2.2.1. İHA Tasarımı ve Yapısal Analiz Metodolojisi

Platformun tasarımı, altı motorlu (hexacopter) konfigürasyon temel alınarak SolidWorks ortamında gerçekleştirilmiştir. Metodik olarak, önce her bir bileşenin ağırlık ve güç tüketim verileri (**Görsel 1**) kullanılarak bir "toplam yük bütçesi" oluşturulmuş, ardından gövde geometrisi bu yüke göre optimize edilmiştir. Tasarımın doğrulanması için Sonlu Elemanlar Yöntemi (FEM/FEA) uygulanmıştır. Analiz metodolojisi üç aşamadan oluşmaktadır:

- Toplam Deformasyon Analizi: Kablo ağırlığının (yaklaşık 5.5 kg) ve motor itkisinin yarattığı gerilmeler simüle edilmiş, maksimum deformasyonun 2.795e-3 mm gibi ihmal edilebilir bir düzeyde olduğu metodolojik olarak kanıtlanmıştır.
- Kayma Gerilmesi Analizi: Şaft ve bağlantı noktalarındaki yükler incelenmiş, 0.6396 MPa değerinin malzemenin 25 MPa olan akma dayanımının çok altında olduğu saptanmıştır.
- Normal Gerilme Analizi: Eksenel yük taşıyan bileşenler test edilerek tasarımın güvenli bölgede (safety factor > 10) çalıştığı doğrulanmıştır.

2.2.2. Fiber Optik Haberleşme ve Veri Yönetim Metodu

Haberleşme metodolojisi, yer kontrol istasyonu (GCS) ile İHA arasında fiziksel bir IP ağı kurulması üzerine kurgulanmıştır. Metot, Ethernet sinyallerinin fiber ortama taşınması için Media Converter yaklaşımını kullanır. Veri akış diyagramı (**Görsel 2**); uçuş kontrol kartı,

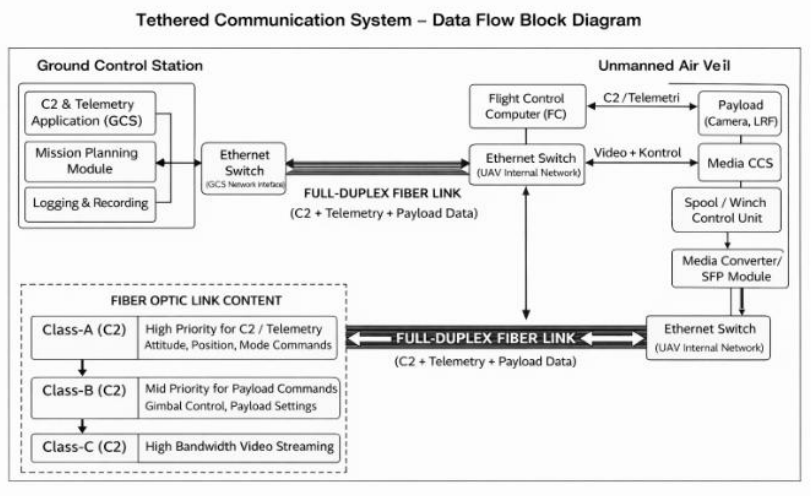
ISBN NR: 978-625-5694-76-8

faydalı yük ve yer istasyonu arasındaki veri trafiğinin Full-Duplex (tam çift yönlü) ve QoS (Quality of Service) prensipleriyle yönetilmesini sağlar.

İtki:	T- Motor MN-5015 KV360	6*350g	2100g	İtki:	hobywing x6plus	6*790g	4740g
Pervane:	T- Motor FA 18.2*5.9 Prop	6*100g	600g	Pervane:	hobywing 24*8.0	6*100g	600g
Frame:	EFT x6100	4850g	4850g	Frame:	EFT X6120	7500g	7500g
Ledler ve komponentler:	Aviyonik Sistem+ Led modülleri	1000g	1000g	Ledler ve komponentler:	Aviyonik Sistem+ Led modülleri	1000g	1000g
Kablo:	HES H05VV-F (TTR) 30 metre baz alınarak	1650g	1650g	Kablo:	HES H05VV-F (TTR) 30 metre baz alınarak	1650g	1650g
Kamera:	Kullanılacak kameraya karar verilmemiş olup yeni kameraların ortalama ağırlığı baz alınmıştır.	1270g	1270g	Kamera:	Kullanılacak kameraya karar verilmemiş olup yeni kameraların ortalama ağırlığı baz alınmıştır.	1270g	1270g
Güç Kaynağı:	RSP-200-24 Mevcutta kullanılan güç kaynağıdır.	1950g	1950g	Güç Kaynağı:	Kullanılacak olan güç kaynağının 48V DC çıkış vermesi gerekmektedir aşağıda listenelecek olan set-up' lara göre ağırlık değişecektir.	4000g	4000g
	TOPLAM AĞIRLIK: 13420g				**TOPLAM AĞIRLIK YAKLAŞIK: 19760g**		
Motor Çekilen Toplam Akım ve Harcanan Enerji:		13.13*6 = 78.78A	1884 W	Motor Çekilen Toplam Akım ve Harcanan Enerji:		7.4*6 = 44.4A	343.8*6 = 2062.8W
Led Modülü Çekilen Toplam Akım ve Harcanan Enerji:		1,5*4 = 6A	144 W	Led Modülü Çekilen Toplam Akım ve Harcanan Enerji:	Güç kaynağı belirlendikten sonra kullanılabilecek maks güç ve akım belirlenip, Led modülleri buna göre en yüksek seviyede tasarlanacaktır.		
TOPLAM AKIM: 84,78A TOPLAM İHTİYAÇ DUYULAN ENERJİ: 2028W				**TOPLAM AKIM VE İHTİYAÇ DUYULAN ENERJİ SET-UPLARA GÖRE DEĞİŞKENLİK GÖSTERECEKTİR.**			
GÜÇ KAYNAĞI SET-UP' LARI							
Set-Up 1	**Hava Ünitesi: RSP-3000-24**	İnput: 254-370V DC Output: 24V 125A Verimlilik: %90 Güç: 3000W Ağırlık: 4 Kg Boyutlar; Boy: 278mm En: 177.8mm Yükseklik: 63.5mm		**Set-Up 4**	**Hava ünitesi: RSP-3000-48**	İnput: 254-370V DC Output: 48V 62.5A Verimlilik: %91.5 Güç: 3000W Ağırlık: 4 Kg Boyutlar; Boy: 278mm En: 177.8mm Yükseklik: 63.5mm	

Görsel 1. Dron için Hesaplanan Enerji ve Güç Kaynağı Hesaplama Tablosu

Link performansı, metodolojik olarak BER (Bit Error Rate) analizleri ile değerlendirilmiştir. 1 Gbit/s veri hızında 100 metrelik hat üzerinde yapılan testlerde BER < 10^{-9} değeri hedeflenmiş; konnektörlerin LC/APC ile revize edilmesi ve titreşim sönümleyici montaj tekniklerinin uygulanmasıyla bu değer saha koşullarında stabilize edilmiştir.



Görsel 2. Fiberoptik Veri Akış Diyagramı

2.2.3. Aviyonik Entegrasyon ve Güç Dağıtım Hesaplamaları

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

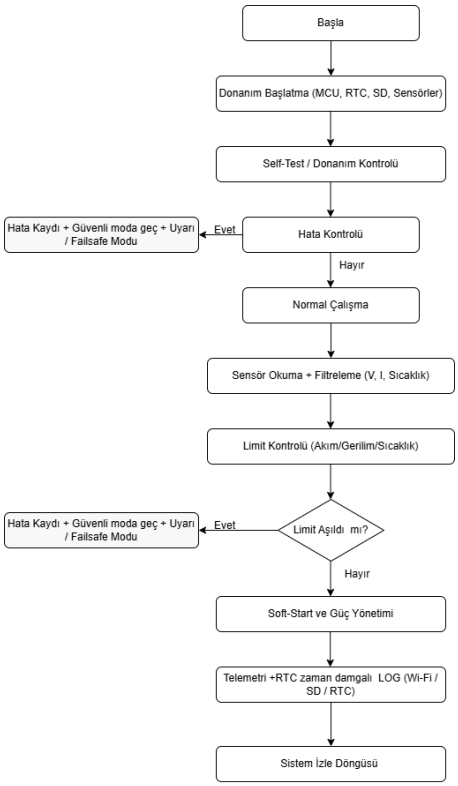
Aviyonik sistemin kurulumunda, "Single Point of Failure" (tekil başarısızlık noktası) riskini azaltan yedekli bir mimari metodu izlenmiştir. Güç Dağıtım Kartı (PDB) tasarımında, yüksek akım taşıma kapasitesini belirlemek için IPC-2152 standardı esas alınmıştır.

Hesaplama Metodu: Altı motorun %65 yükte çektiği toplam 390 A akım senaryosu için; bakır kalınlığı (2 oz), sıcaklık artış limiti (30°C) ve yol genişliği parametreleri (92.42 mm) matematiksel kodlar (Tasarım Kodu) aracılığıyla hesaplanarak PCB tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu metot, PCB üzerinde aşırı ısınmayı önleyerek sistem ömrünü uzatmaktadır.

2.2.4. Yazılım Mimarisi ve Failsafe Stratejisi

Gömülü yazılım, FreeRTOS yapısında, katmanlı bir mimari ile geliştirilmiştir (**Görsel 3**). Metodolojinin ana bileşenleri; güç yönetimi, soft-start algoritması ve hata algılama mekanizmalarıdır.

- Soft-Start Metodu: Sisteme enerji verildiği anda yüksek inrush akımını önlemek için çıkış geriliminin kademeli (ramp-up) olarak artırılması sağlanmıştır.
- Failsafe Metodu: Yer istasyonundaki mikrodenetleyici, voltaj ve akımı milisaniyelik periyotlarla izler. Belirlenen eşik değerlerin dışına çıkıldığında, sistem otomatik olarak yedek bataryaya geçer ve yer istasyonu ekranında hata kodlarını LOG dosyasına kaydeder.



Görsel 3. Gömülü Yazılımın Akış Diyagramı

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

3. ANALİZ VE SONUÇLAR

Kablolu (tethered) İHA sisteminin geliştirilmesi sürecinde elde edilen bulgular; elektriksel verimlilik, mekanik kararlılık, haberleşme bütünlüğü ve operasyonel dayanıklılık olmak üzere dört temel eksende analiz edilmiştir. Gerçekleştirilen laboratuvar testleri, sonlu elemanlar analizleri (FEA) ve saha prototip denemeleri, sistemin teorik tasarım isterlerini karşılama kapasitesini ortaya koymaktadır.

3.1. Güç Elektroniği ve Enerji İletim Performans Analizi

Sistemin en kritik bileşeni olan yer ve hava güç istasyonları, yüksek gerilimli DC iletim mimarisinin verimliliğini doğrulamak amacıyla kapsamlı testlere tabi tutulmuştur.

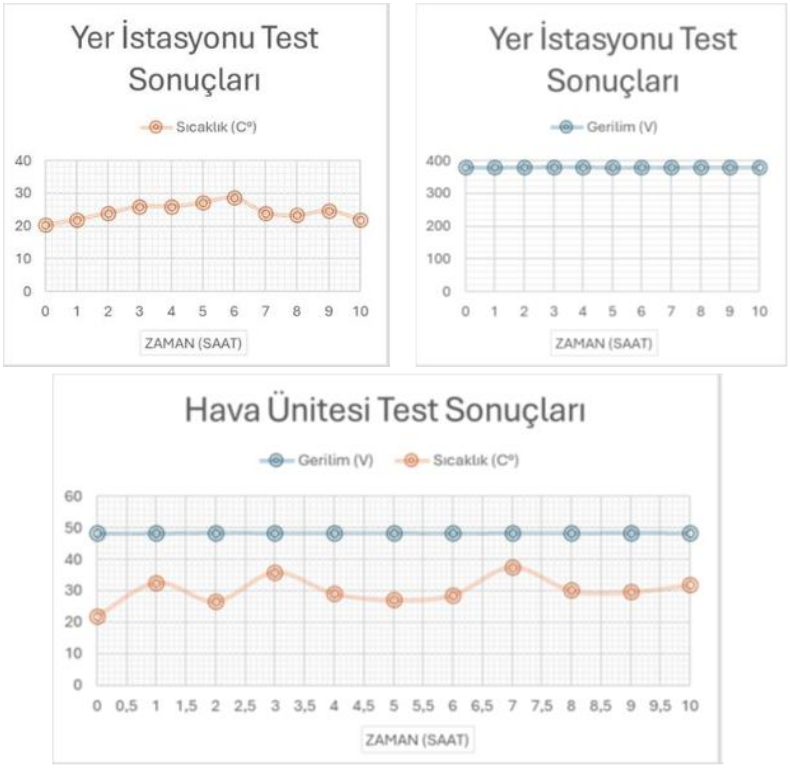
3.1.1. 10 Saatlik Kesintisiz Dayanım Testi Bulguları

İlk iterasyon prototipi üzerinde gerçekleştirilen dayanım testlerinde, sistem tam yük altında yaklaşık 10 saat boyunca kesintisiz olarak çalıştırılmıştır. Test süresince yer istasyonu çıkış gerilimi 370 VDC ile 400 VDC arasında, hava ünitesi çıkış gerilimi ise 48 VDC (±%1 tolerans) seviyesinde son derece kararlı bir grafik sergilemiştir. Bu kararlılık, Meanwell CSP-3000-400 ve NSP-3200-48 modüllerinin aktif PFC (Güç Faktörü Düzeltme) algoritmalarının, şebeke dalgalanmalarından ve yük değişimlerinden etkilenmediğini kanıtlamaktadır.

3.1.2. Isıl Yönetim ve Termal Kararlılık Analizi:

Sistemin ısıl davranışı, operasyonel güvenliğin belirlenmesinde anahtar rol oynamıştır. İstasyon içerisindeki fanlı sıcaklık kontrol mekanizması sayesinde, 10 saatlik çalışma boyunca sistem sıcaklığının 20°C ile 30°C aralığında kaldığı ölçülmüştür. Bu veriler, güç modüllerinin yüksek verimlilikle çalıştığını ve atık ısının tasarlanan mekanik kasa ve soğutma altyapısı üzerinden başarıyla tahliye edildiğini göstermektedir. Kritik bileşenlerin sıcaklık değerlerinin, üretici tarafından belirlenen operasyonel limitlerin (genellikle 60-70°C) çok altında kalması, sistemin ekstrem çevre koşullarında dahi performans kaybı yaşamadan çalışabileceğini doğrulamaktadır. Bu analizlere ait değerler Görsel 4 ile verilmiştir.

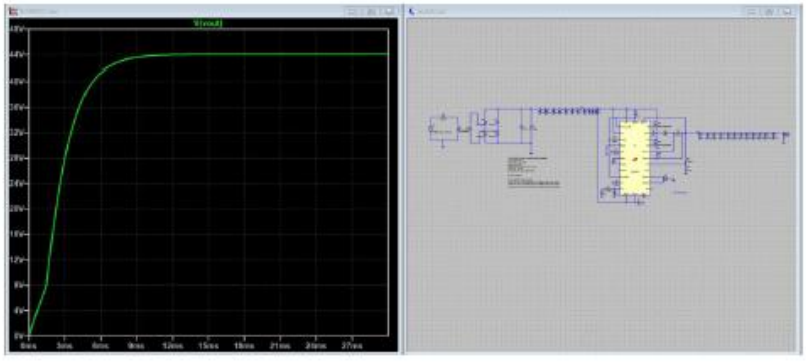
ISBN NR: 978-625-5694-76-8



Görsel 4. Yer İstasyonu ve Hava Ünitesi Elektriksel ve Isıl Analiz Sonuçları

3.1.3. Soft-Start ve Dinamik Yanıt Analizi:

Görsel 5'te sunulan devre simülasyonları, enerji verildiği ilk anda (t=0) sistemin dinamik davranışını modellemiştir. Simülasyon çıktılarında, çıkış geriliminin (V_{out}) herhangi bir aşırı yükselme (overshoot) sergilemeden, yumuşak bir eğimle (soft-start) hedef değere ulaştığı gözlemlenmiştir. Fiziksel testlerde de bu durum osiloskop ölçümleriyle doğrulanmış; yumuşak başlangıç algoritmasının ani akım yükselmelerini (inrush current) engelleyerek hem yer istasyonu devrelerini hem de İHA üzerindeki hassas aviyonik birimleri koruduğu saptanmıştır.



Görsel 5. Hava Ünitesi Çıkış Geriliminin (V_{out}) Başlangıç Anındaki Davranışı

3.2. Yapısal Mekanik ve Yapısal Analiz Bulguları

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

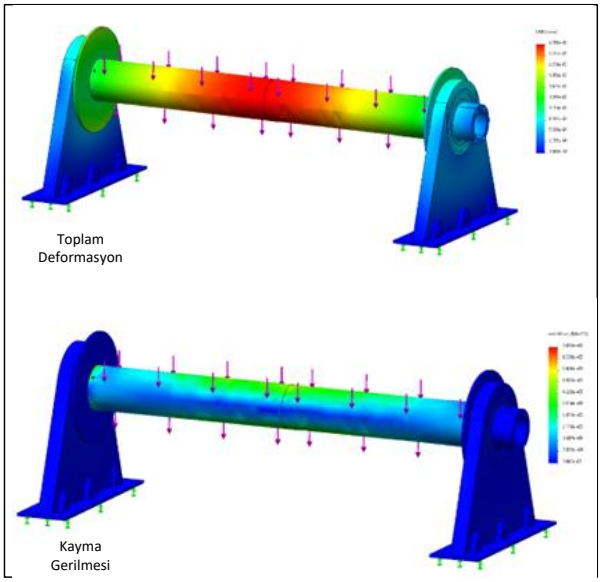
Kablo sarım mekanizması ve İHA gövdesinin mekanik bütünlüğü, Sonlu Elemanlar Yöntemi (FEM) kullanılarak analiz edilmiş ve fiziksel testlerle korele edilmiştir. Bu analizlere ait şekil Görsel 6 ile verilmiştir.

3.2.1. Deformasyon ve Rijitlik Analizi:

Kablo sarım mekanizmasının üç boyutlu modeli üzerinde yapılan Toplam Deformasyon Analizi sonuçlarına göre, 100 metrelik kablo ağırlığı ve operasyonel yükler altında saptanan maksimum yer değiştirme değeri $2.795e^{-3}$ mm olarak ölçülmüştür. Bu değer, mekanizmanın teorik rijitlik sınırları içerisinde kaldığını ve kablo sarım fonksiyonunu (layering) etkilemeyecek kadar ihmal edilebilir olduğunu göstermektedir. Karbon fiber ana gövde ve CNC işleme millerin kullanımı, sistemin toplam ağırlığını azaltırken mekanik stabiliteyi artırmıştır.

3.2.2. Gerilme Analizleri ve Malzeme Dayanımı:

Kayma Gerilmesi (Shear Stress) analizinde, döner elemanların sabitlendiği bağlantı noktalarında maksimum 0.6396 MPa değerine ulaşılmıştır. Normal Gerilme analizinde ise bu değer 0.7033 MPa olarak kaydedilmiştir. Sistemin imalatında kullanılan malzemelerin akma dayanımı (25 MPa) ile bu veriler karşılaştırıldığında, tasarımın yaklaşık 35 katlık bir güvenlik faktörüne sahip olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar, mekanizmanın anlık tork yükselmelerine, kablo gerilmelerine ve dış darbelere karşı son derece yüksek bir dayanım sergileyeceğini kanıtlamaktadır.



Görsel 6. Toplam Deformasyon ve Kayma Gerilmesi Analizi

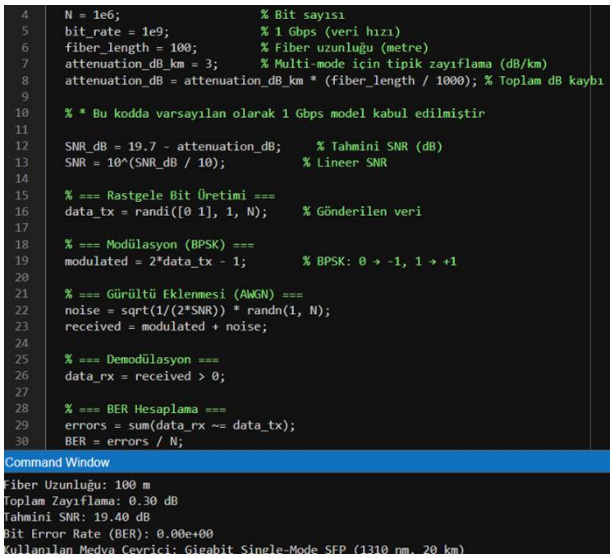
3.3. Fiber Optik Haberleşme ve Veri Bütünlüğü Analizi

Haberleşme sistemi, özellikle yüksek elektromanyetik girişim (EMI) ortamlarında sinyal kalitesini korumak üzere analiz edilmiştir.

3.3.1. Bağlantı Kalitesi ve Optik Kayıp Analizi:

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

100 metrelik Single-Mode fiber optik hat üzerinde yapılan ölçümlerde, ekleme kaybının (Insertion Loss) fusion splice ve iyileştirmeler sonrası 0.2 dB seviyesine kadar düşürüldüğü görülmüştür. Bu düşük kayıp oranı, sinyal gücünün korunmasını sağlayarak veri iletim hızını (1 Gbit/s) maksimize etmiştir. Laboratuvar testlerinde normal koşullarda Bit Hata Oranı (BER) 10^{-9} olarak saptanmış, bu da verinin neredeyse kusursuz iletildiğini ortaya koymuştur. Fiberoptik analizin simülasyon ortamında doğrulanmasına ait şekil Görsel 7 ile sunulmuştur.



Görsel 7. Fiberoptik Analizin Simülasyonu

3.3.2. Zorlayıcı Koşul Testleri:

Sistem 50°C sıcaklık ve 45 mm bükülme yarıçapı gibi ekstrem koşullara maruz bırakıldığında BER değerinin 10^{-7} seviyesinde kaldığı gözlemlenmiştir. Bu hata oranı, yüksek çözünürlüklü video akışları ve kritik komuta-kontrol verileri için kabul edilebilir sınırlar içerisindedir. Ayrıca, drone motorları tam güçte çalışırken dahi EMI gürültü seviyesinin -65 dB olarak ölçülmesi, fiber optik hattın RF tabanlı parazitlere karşı mutlak bağışıklığını kanıtlamaktadır. Mekanik çekme testlerinde ise kablonun 120 N kuvvete dayanabildiği, bunun da üretici limiti olan 150 N altında kalarak güvenli bölgede olduğu doğrulanmıştır. Çizelge 1 ile sunulmuştur.

Çizelge 1. Fiberoptik ve Mekanik Kablo Testleri

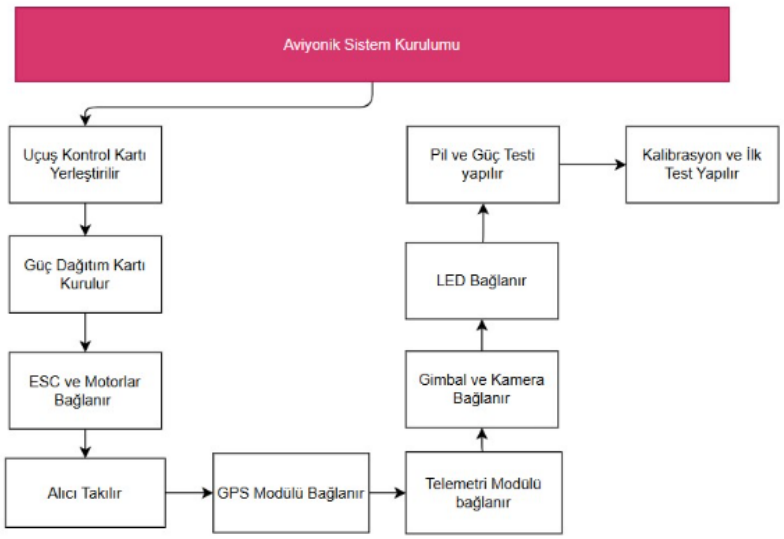
Test Kategorisi	Ölçüm / Sonuç	Açıklama
Optik Kayıp (Insertion Loss)	0,2 dB	Fusion splice sonrası minimum seviyeye indirildi
Bit Error Rate (BER)	$< 10^{-9}$ (normal koşullarda)$< 10^{-7}$ (50 °C ve dar bükülme koşullarında)	Zorlu koşullarda dahi hata oranı kabul edilebilir seviyede kaldı

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Mekanik Çekme Dayanımı	120 N	Üretici limit (150 N) altında güvenli
Minimum Bükülme Yarıçapı	45 mm	Üretici limit (30 mm) üzerinde korundu
EMI Gürültü Seviyesi	-65 dB	Drone motorları tam güçte çalışırken ölçüldü
Maksimum Veri Hızı	1 Gbit/s	Single-mode fiber üzerinden
Güç İletimi Sonrası Gerilim	47,2 V (48 V giriş)	100 m kablo uzunluğunda voltaj düşümü sonrası ölçüm

3.4. Aviyonik Entegrasyon ve Güç Bütçesi Analizi

İHA'nın aviyonik mimarisi ve güç dağıtım sistemi, operasyonel uçuş isterlerine göre matematiksel ve deneysel olarak değerlendirilmiştir. Aviyonik sistemin kurulumuna ait genel yaklaşım Görsel 8'de mevcuttur.



Görsel 8. Aviyonik Sistem Kurulumu

3.4.1. Güç Tüketimi ve Enerji Akışı:

Görsel 1 verilerine dayanan teorik hesaplamalar sonucunda, İHA'nın toplam güç ihtiyacı yaklaşık 2000 W olarak belirlenmiştir. Yer istasyonunun 6 kW toplam kapasiteye sahip olması, sisteme %300'lük bir güç rezervi sağlamaktadır. Yerde yapılan test düzeneklerinde, farklı PWM değerlerinde çekilen akım ve oluşan voltaj düşümü ölçülmüş; 100 metrelik kablo sonunda 48 VDC girişin 47.2 VDC'ye düştüğü saptanmıştır. Bu 0.8 VDC'lik kayıp, uçuş kontrol sisteminin tolerans sınırları içerisinde olup operasyonel bir risk teşkil etmemektedir.

3.4.2. Konumlandırma ve RTK Hassasiyeti:

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

RTK (Real-Time Kinematic) sistemi ile yapılan testlerde, klasik GNSS sistemlerinin sağladığı metre bazlı hata payının santimetre seviyesine indirildiği saptanmıştır. Baz istasyonundan alınan düzeltme verilerinin fiber optik hat üzerinden düşük gecikmeyle iletilmesi, İHA'nın rüzgârlı havalarda bile "hover" (sabit kalma) pozisyonunu milimetrik hassasiyetle korumasını sağlamıştır.

3.5. Güvenlik ve Fail-Safe Mekanizması Analizi

Sistemin hata toleransı ve acil durum senaryoları, operasyonel güvenlik açısından kritik bulgular sunmuştur.

• Yedek Batarya Analizi: 12S 16 Ah kapasiteli Li-Po yedek bataryanın, ana güç kesintisi durumunda sistemi yaklaşık 15 dakika boyunca havada tutabildiği doğrulanmıştır. Bu süre, 100 metrelik bir irtifadan otonom veya manuel olarak güvenli iniş gerçekleştirmek için yeterli bir marj sunmaktadır.

• Olay Kayıt (LOG) Analizi: Yer istasyonu anakartındaki RTC ve SD kart altyapısı sayesinde, tüm akım, gerilim ve sıcaklık verilerinin tarih-zaman damgalı olarak hatasız kaydedildiği saptanmıştır. Bu özellik, olası teknik aksaklıkların kök neden analizinin (root-cause analysis) yapılmasına olanak tanıyan güçlü bir tanılama (diagnostic) aracı olarak işlev görmektedir.

3.6. Çıkarımlar

Elde edilen bulguların sentezi sonucunda; Baibars tarafından geliştirilen kablolu İHA sisteminin, 500 VDC yüksek gerilimli iletim stratejisi sayesinde kablo üzerindeki bakır kayıplarını ve ağırlık kısıtlarını minimize ettiği kanıtlanmıştır. Fiber optik haberleşme altyapısının sağladığı 1 Gbit/s veri hızı ve EMI bağışıklığı, sistemi elektronik harp ve yoğun RF trafiği bulunan sahalarda benzersiz kılmaktadır. Mekanik analizler sistemin yapısal sağlamlığını, elektriksel testler ise güç yönetimindeki kararlılığı tescil etmiştir.

4. SONUÇLAR

TÜBİTAK 1501 Sanayi Ar-Ge Destek Programı kapsamında Baibars Mekatronik Havacılık Sanayi A.Ş. tarafından geliştirilen kablolu İHA sistemi; afet yönetimi, kritik altyapı gözetimi ve kamu güvenliği operasyonlarında karşılaşılan sınırlı uçuş süresi ve haberleşme zafiyetlerine karşı bütünleşik bir çözüm sunmaktadır. Yer istasyonunda 230 VAC şebeke geriliminin aktif PFC dönüştürücüler aracılığıyla 400 VDC seviyesine yükseltilmesi ve ince bir tether kablo üzerinden iletilmesi hem bakır kayıplarını minimize etmiş hem de hava platformunun üzerindeki parazitik ağırlığı kritik düzeyde azaltmıştır.

Sistemin temelini oluşturan bu elektriksel altyapı, 10 saatlik kesintisiz dayanım testleri ve simülasyonlarla doğrulanmış; ısıl yönetimin 20-30°C bandında kalarak bileşen ömrünü koruduğu saptanmıştır. Mekanik açıdan geliştirilen tersinir vidalı ve motor tahrikli kablo sarım mekanizması, operasyon sırasında kablonun gerginlik yönetimini otonom bir hassasiyetle yürütmektedir. Veri iletim tarafında tercih edilen Single-Mode fiber optik altyapı ise, sistemin

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

elektronik harp ve yoğun elektromanyetik girişim bulunan sahalarda dahi 1 Gbit/s veri hızını mümkün kılmıştır. Sonuç olarak;

- 400 VDC iletim stratejisi sayesinde kablo ağırlığı ve enerji kayıpları minimize edilmiş, hava aracının faydalı yük kapasitesi ve operasyonel irtifası maksimize edilmiştir.
- Fiber optik haberleşme altyapısı ile RF parazitlerinden etkilenmeyen, 4K video ve kritik telemetri verilerinin eş zamanlı aktarıldığı güvenilir bir iletişim kanalı tesis edilmiştir.
- 12S yedek batarya ünitesi ve gerçek zamanlı izleme algoritmaları sayesinde, olası enerji kesintilerinde dahi sistemin emniyetli bir şekilde üsse dönmesi garanti altına alınmıştır.

Bu çalışma ile ulaşılan teknik olgunluk seviyesi, sistemin gelecekte daha otonom ve geniş kapsamlı kullanım senaryolarına uyarlanması için güçlü bir temel oluşturmaktadır. İleriye yönelik çalışmalarda, yer istasyonunun hareketli araçlar üzerine entegre edilmesi hedeflenmektedir. Bu sayede "Follow-me" (beni takip et) modunda çalışan kablolu sistemler geliştirilerek, hareket halindeki konvoyların veya gemilerin üzerinden sürekli havadan gözetleme yapılması mümkün olacaktır. Gelecekte, geliştirilen bu mimariyi, sürü İHA sistemleriyle koordineli çalışabilecek şekilde dijital ikiz teknolojileriyle birleştirerek, afet ve güvenlik ekosistemine yüksek teknolojili, sürdürülebilir bir hava platformu kazandırmaktır.

KAYNAKÇA

1. Kim, J. ve diğ., On the scheduling of systems of UAVs and fuel service stations for long-term mission fulfillment, Journal of Intelligent & Robotic Systems, 70, 1, 2013.
2. Xu, Z., Application Research of Tethered UAV Platform in Marine Emergency Communication Network, Journal of Web Engineering, 20, 2, 2021.
3. Yingst, A. ve Marojevic, V., Power tether for long duration multi-copter flight, HardwareX, 15, e00466, 2023.
4. Boukoberine, M. N. ve diğ., A critical review on unmanned aerial vehicles power supply and energy management: Solutions, strategies, and prospects, Applied Energy, 255, 113823, 2019.
5. Rodriguez, V. ve diğ. (2025). An Experimental Tethered UAV-Based Communication System with Continuous Power Supply, Future Internet, 17. https://www.mdpi.com/journal/futureinternet (Erişim tarihi: 30.01.2024)
6. Al-Hourani, A., Kandeepan, S. ve Lardner, S., Optimal LAP altitude for maximum coverage, IEEE Wireless Communications Letters, 3, 6, 2014.
7. Shindo, N. ve diğ. (2022). Optically Powered and Controlled Drones Using Optical Fibers for Airborne Base Stations, Photonics, 9 (11). https://www.mdpi.com/2304-6732/9/11/882 (Erişim tarihi: 30.01.2024)
8. Matsuura, M., Recent advancement in power-over-fiber technologies, Spectroscopy, 8, 8, 2021.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

9. Nicotra, M. M., Naldi, R. ve Garone, E., Taut Cable Control of a Tethered UAV, 19th IFAC World Congress, 145-150, Cape Town, 2014.

10. Sandino, L. A. ve diğ., On the use of tethered configurations for augmenting hovering stability in small-size autonomous helicopters, Journal of Intelligent & Robotic Systems, 70, 1, 2013.

11. Schmidt, G. ve Swik, R., Automatic hover control of an unmanned tethered rotorplatform, Automatica, 10, 4, 1974.

12. Talke, K., Birchmore, F. ve Bewley, T., Autonomous hanging tether management and experimentation for an unmanned air-surface vehicle team, Journal of Field Robotics, 39, 2022.

13. Ferreira de Castro, D. ve diğ., Modeling and control of tethered unmanned multicopters in hovering flight, AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference, 24-30, Kissimmee, 2015.

14. Safwat, N. E.-D., Hafez, I. M. ve Newagy, F. (2022). 3D Placement of a New Tethered UAV to UAV Relay System for Coverage Maximization, Electronics, 11 (3). https://www.mdpi.com/2079-9292/11/3/385 (Erişim tarihi: 30.01.2024)

15. https://elistair.com (Erişim tarihi: 30.01.2024)

16. Kishk, M. A., Bader, A. ve Alouini, M. S., On the 3-D Placement of Airborne Base Stations Using Tethered UAVs, IEEE Transactions on Communications, 68, 8, 2020.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

PRODUCTION OF CERAMIC COMPOSITES VIA MECHANICAL ACTIVATION

Asst. Prof. Levent Öncel
Sinop University
loncel@sinop.edu.tr - https://orcid.org/0000-0002-6018-8741

ABSTRACT

Ceramic composites exhibit a combination of high strength-to-weight ratios and resistance to corrosion, chemicals, fire, and wear, which makes them suitable for use in demanding engineering environments. Ceramic composites find use across a wide range of sectors, from biomedical and aerospace applications to automotive, construction, electronics, communication technologies, and energy systems. Despite their wide applicability, the fabrication of conventional ceramic composites typically involves high processing temperatures, extended sintering times, and complex processing routes. This combination increases production cost and energy consumption and also extends processing time, which reduces the feasibility of large-scale manufacturing.

Mechanical activation offers a potential solution to these limitations. This solid-state method uses high-energy ball milling, where powder particles undergo simultaneous mixing, cold welding, and fragmentation. Repeated collisions create active surfaces that improve contact between components and support the formation of a uniform composite structure. Achieving effective cold welding requires milling conditions that supply sufficient energy, allowing microstructural refinement without the need for high-temperature treatment. As a result, mechanical activation enables the production of submicron ceramic structures and high-purity composites through a relatively simple and energy-efficient process, while avoiding carbon contamination.

In the present study, ceramic composites were produced via mechanical activation as an alternative to conventional methods. The results indicate that mechanical activation allows the formation of ceramic composite structures under solid-state conditions, supporting its use in advanced ceramic manufacturing. Mechanical activation therefore stands out as a scalable route with lower energy input and a simpler processing sequence.

Keywords: Ceramics, mechanical activation, solid-state processing

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

WIDTH-DRIVEN SCALING OF QUANTUM TRANSPORT IN ARMCHAIR GRAPHENE NANORIBBON FETS VIA SELF-CONSISTENT NEGF–POISSON–FEM SIMULATION

Asst. Prof. Dr., Aytaç Çelik
Sinop University,
acelik@sinop.edu.tr - 0000-0002-7867-9506

ABSTRACT

Armchair graphene nanoribbon (AGNR) devices were simulated to quantify how width controls transport and device metrics at nanometer scales. A self-consistent NEGF–Poisson scheme was employed, where charge density obtained from NEGF was iteratively solved with the electrostatic potential from a nonlinear Poisson solver. The electrostatics were discretized in a finite-element setting using triangular elements, while the graphene Hamiltonian was constructed via a tight-binding description with hopping parameter t = 2.64 eV (ε = 0 eV).

A 6 nm channel length was fixed while the ribbon width was swept from 11 to 16 armchair cells (3.0 to 4.25 nm), and characteristics were computed at gate bias Vg = 0.2 V for drain biases up to Vd = 0.4 V. The saturated drain current at high Vd was increased from ~3.2 μA to ~9.7 μA, with intermediate plateaus of ~5.2 μA and ~6.8 μA, indicating that additional transverse modes were progressively activated with increasing width. Width-driven scaling was further quantified by the pre-saturation transconductance (dI/dV), which was increased from ~4.1 to ~11.7 μS between 11 and 16 cells and was well described by a linear fit with slope ≈ 1.51 per added cell (R^2 ≈ 0.994). A sublinear evolution was observed in the reported saturation metric versus width, rising from ~1.28 V (11 cells) to ~1.92 V (16 cells) with a second-degree fit (R^2 ≈ 0.998), consistent with diminishing marginal gains as confinement relaxed and screening improved.

Keywords: Armchair graphene nanoribbons, Quantum transport, Non-equilibrium Green's function, Poisson equation, I–V characteristics

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

COMPARATIVE EVALUATION OF CNN-BASED TRANSFER LEARNING MODELS FOR GRAPE LEAF DISEASE DETECTION

Ramazan YILDIRIM
Manisa Celal Bayar Üniversitesi Yazılım Mühendisliği Bölümü,
212802069@ogr.cbu.edu.tr – 0009-0004-2047-4323

Hasan POLAT
Manisa Celal Bayar Üniversitesi Yazılım Mühendisliği Bölümü,
212802045@ogr.cbu.edu.tr – 0009-0005-9948-351X

Doç. Dr. Fatih YÜCALAR
Manisa Celal Bayar Üniversitesi Yazılım Mühendisliği Bölümü,
fatih.yucalar@cbu.edu.tr – 0000-0002-1006-2227

ABSTRACT

Early and accurate detection of plant diseases in the agricultural sector plays a critical role in increasing crop productivity, preventing quality losses, and ensuring sustainable agricultural production. Leaf-related diseases commonly observed in grape cultivation, such as powdery mildew (Erysiphe necator), downy mildew (Plasmopara viticola), and grape erineum mite (Eriophyes vitis), can cause significant reductions in yield and product quality if not controlled in a timely and effective manner, adversely affecting agricultural production. The primary objective of this study is to enable the automatic detection of these diseases from grape leaf images using deep learning and transfer learning approaches. To this end, a hybrid dataset was constructed by combining images obtained from open-source repositories with real field data collected using smartphone cameras in vineyard, field, and garden environments. In addition, various data augmentation techniques were applied to increase dataset diversity and improve the generalization capability of the models. Using the constructed dataset, CNN-based transfer learning architectures—including AlexNet, DarkNet53, Inception-ResNet-V2, Inception-V3, MobileNet-V3, ResNet50, ResNet101, VGG16, and VGG19—were trained, and a comparative performance analysis was conducted. Experimental results demonstrate that the Inception-ResNet-V2 architecture achieved the most successful and balanced performance among the evaluated models, with a training accuracy of 97.45% and a test accuracy of 93.00%. The findings indicate that transfer learning approaches enable highly accurate disease detection even under limited and heterogeneous agricultural data conditions and provide an effective solution for the early diagnosis of grape leaf diseases.

Keywords: Artificial intelligence, transfer learning, plant disease detection, grape leaf diseases, deep learning, CNN.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

1. INTRODUCTION

The agricultural sector plays a fundamental role in ensuring global food security, maintaining economic stability, and sustaining rural employment. Particularly in developing countries, agriculture constitutes a significant portion of the Gross Domestic Product (GDP) and serves as a primary source of livelihood for a large segment of the population. However, challenges such as climate change, the depletion of water resources, declining soil fertility, and the increasing prevalence of plant diseases pose serious threats to agricultural production. These factors not only affect production volume but also directly impact on product quality and the economic sustainability of farmers.

Plant diseases are among the leading causes of yield and quality losses in agricultural production. Diseases affecting leaves, stems, and fruits reduce the photosynthetic capacity of plants, thereby adversely influencing growth processes and leading to substantial decreases in crop yield. This situation results in significant economic losses for both producers and the agricultural supply chain. Consequently, the early detection of plant diseases and timely intervention have become indispensable requirements of modern agricultural practices.

The grapevine is an important agricultural crop widely cultivated worldwide, providing high added value not only through fresh consumption but also through processed products such as wine, raisins, and vinegar. However, grape leaves are highly sensitive to environmental conditions and vulnerable to various diseases. Powdery mildew (Erysiphe necator), downy mildew (Plasmopara viticola), and grape erineum mite (Eriophyes vitis) are among the most common diseases observed in vineyards, causing severe negative effects on both yield and quality [1]. These diseases spread rapidly, particularly under humid environmental conditions, damaging leaf tissue and limiting plant development.

Traditional disease detection methods mainly rely on visual inspection and expert knowledge. However, applying these methods over large vineyard areas is both time-consuming and costly. Moreover, symptoms appearing at the early stages of disease development are often indistinguishable to the human eye, resulting in detection at more advanced stages. In this context, image processing and artificial intelligence–based approaches offer faster, more consistent, and scalable solutions by quantitatively analyzing color, texture, and shape variations in leaf images. In particular, Convolutional Neural Networks (CNNs) have demonstrated high performance in plant disease classification due to their ability to automatically learn discriminative features from images [2].

In this study, a hybrid and balanced dataset was constructed to enable the automatic detection of grape leaf diseases. Various CNN-based transfer learning architectures were comparatively evaluated to determine the most suitable model for this task. The integration of real field images with open-source data, along with a comprehensive analysis of multiple deep learning models, constitutes the primary original contributions of this study.

2. LITERATURE REVIEW

The automatic detection of plant leaf diseases has become an intensively researched topic in recent years due to its importance in increasing agricultural productivity and reducing crop losses. Most of the methods developed in this field are based on deep learning approaches that

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

can accurately analyze color, texture, and shape variations in leaf images. In particular, CNNs offer significant advantages over traditional image processing techniques in plant disease classification due to their ability to automatically learn complex visual patterns.

The effectiveness of CNN architectures in agricultural image analysis has been clearly demonstrated through studies conducted on various plant species. Fang et al. [3] employed the VGG16 architecture for apple leaf disease detection and enhanced class separability by jointly applying center loss and softmax loss functions. Experiments conducted on a large dataset containing different apple leaf diseases achieved high accuracy rates ranging from 95% to 99.70%, indicating that CNN-based architectures possess strong representational capabilities for discriminating leaf diseases.

One of the most important approaches for improving the performance of deep learning models in agricultural applications is transfer learning. Adapting CNN architectures pre-trained on large-scale datasets to relatively limited agricultural datasets not only reduces training time but also enables higher accuracy. Wagle et al. [4] utilized ResNet18, ResNet50, and ResNet101 architectures for tomato leaf disease detection and supported these models with data augmentation techniques. By applying operations such as noise injection, blurring, color variation, and spatial transformations, the diversity of the dataset was increased, and the ResNet101 model achieved a test accuracy of 95.83%. These results demonstrate that transfer learning and data augmentation strategies significantly enhance the generalization capability of CNN-based models.

Although studies focusing on grape leaf diseases are relatively limited, existing research indicates that deep learning and transfer learning approaches are also effective in this domain. Rao et al. [5] employed an AlexNet-based transfer learning model for the detection of grape and mango leaf diseases, achieving an accuracy of 99% for grape leaves. Moreover, through the development of the “JIT CROPFIX” mobile application, the proposed system was intended to serve as a field-deployable decision support tool for farmers. Similarly, Nader et al. [6] proposed an ensemble framework consisting of VGG16, VGG19, and Xception architectures for grape leaf disease classification and achieved an accuracy of 99.82% when supported by data augmentation techniques.

Despite the large number of studies investigating different plant species and CNN architectures, research specifically targeting grape leaf diseases remains relatively scarce. Furthermore, comprehensive comparative analyses of multiple CNN-based transfer learning architectures under identical datasets and experimental conditions are also limited. This study aims to address these gaps by constructing a hybrid and balanced grape leaf dataset and conducting a comparative evaluation of multiple CNN-based transfer learning models to identify the most suitable architecture for grape leaf disease detection. In this respect, the study provides a novel contribution to the existing literature from both methodological and practical perspectives.

3. MATERIALS AND METHODS

3.1. Dataset

In this study, a hybrid dataset was constructed for the automatic detection of grape leaf diseases. The dataset consists of images obtained from both publicly available sources [7–10] and field images captured in real production areas using smartphone cameras. Publicly available datasets contain labeled grape leaf images that are widely used in the literature and provide a reliable starting point for model training. In addition, real images collected from vineyards, gardens, and agricultural fields were incorporated into the dataset to enable the developed model to adapt to images acquired under natural environmental conditions.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

The constructed hybrid dataset comprises four classes: powdery mildew (Erysiphe necator), downy mildew (Plasmopara viticola), grape erineum mite (Eriophyes vitis), and healthy grape leaves. These classes represent the most frequently encountered diseases in vineyards and have significant impacts on grape production. The dataset was organized with careful consideration to ensure balanced representation across all classes. After applying data augmentation techniques, the final dataset contains 903 images for the powdery mildew class, 898 images for the downy mildew class, 897 images for the grape erineum mite class, and 907 images for the healthy leaf class. The images were divided into training and test sets for each class, thereby ensuring a fair and consistent evaluation of the proposed models.

3.2. Data Preprocessing and Data Augmentation

Prior to model training, all images were normalized in accordance with the requirements of the employed deep learning architectures. This normalization process scales pixel intensity values to a specified range, thereby facilitating more stable and faster convergence during training. In addition, all images were resized to match the input dimensions required by the different CNN architectures. To both quantitatively enrich the dataset and enhance the generalization capability of the models, various data augmentation techniques were applied. These transformations included rotation, horizontal and vertical shifting, zooming, and brightness adjustment. Such operations allow the same leaf to be represented under different spatial positions, orientations, and illumination conditions, thereby improving the robustness of the models to real-world image variations. Moreover, the data augmentation process contributed to maintaining class balance and reducing the risk of overfitting.

3.3. Models Used

CNN-based transfer learning architectures were employed for the classification of grape leaf diseases. In this context, models that have been widely reported in the literature achieve strong performance—namely AlexNet, DarkNet53, Inception-ResNet-V2, Inception-V3, MobileNet-V3, ResNet50, ResNet101, VGG16, and VGG19—were selected. These architectures were pre-trained on large-scale datasets such as ImageNet and have already learned fundamental visual features. As a result, high classification performance can be achieved even when only a limited number of agricultural images are available.

The selected models differ in terms of architectural depth, number of parameters, and computational cost. This diversity enables a comparative evaluation of both deep models that provide high accuracy and lightweight architectures that offer faster inference. Consequently, this study aims to identify the most suitable architecture for the automatic detection of grape leaf diseases in terms of both classification accuracy and computational efficiency.

3.4. Training Parameters and Evaluation Metrics

To ensure a fair and consistent comparison among all models, fixed hyperparameters were used throughout the training process. Specifically, the batch size was set to 32, and the learning rate was defined as 0.0001. The training procedure was conducted in two stages: in the first stage, the models were trained for 10 epochs, while in the second stage, training was continued for an additional 20 epochs. The input image size was set to 299×299 pixels for the Inception-V3 and Inception-ResNet-V2 architectures, whereas an input size of 224×224 pixels was used for all other CNN architectures.

Model performance was evaluated using accuracy and loss metrics. Since the training and test datasets were separated in advance, validation was performed on the test set, and all models were compared using the same data split. This approach ensured a fair, consistent, and reliable performance comparison across different architectures.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

4. FINDINGS

4.1. Results of the First Training Phase (10 Epochs)

In the first phase, all transfer learning models were trained for 10 epochs under identical training conditions using a hybrid dataset enriched with data augmentation techniques. This strategy ensured a direct and fair comparison of model performance. The models were evaluated using training accuracy, training loss, validation accuracy, and validation loss metrics. These metrics provide insights into both the learning performance on the training data and the generalization capability of the models on previously unseen test data.

The results obtained after 10 epochs are presented in Table 1. An examination of Table 1 reveals that although the AlexNet, DarkNet53, ResNet50, and ResNet101 models achieved high training accuracies, their validation accuracies remained relatively low. This pronounced discrepancy between the training and validation metrics indicates the presence of overfitting in these models. Consequently, these four models were excluded from further evaluation in the subsequent training phases.

Table 1. Model Performance Results After 10 Epochs of Training

Models	Training Accuracy	Training Loss	Test Accuracy	Test Loss
AlexNet	0.9317	0.1944	0.5875	2.3570
DarkNet53	0.9501	0.1415	0.2400	4.6175
Inception-ResnetV2	0.9470	0.1704	0.9125	0.2817
InceptionV3	0.9275	0.2368	0.9075	0.3236
MobileNetV3	0.9166	0.3012	0.9025	0.2641
ResNet50	0.2851	1.4075	0.3250	1.3754
ResNet101	0.2866	1.4080	0.4300	1.3809
VGG16	0.9917	0.0293	0.9325	0.2905
VGG19	0.9774	0.0824	0.9200	0.2785

4.2. Results of the Second Training Phase (20 Epochs)

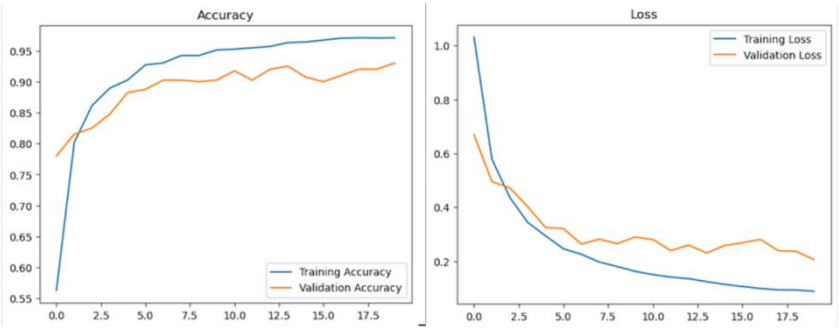
After eliminating the models that exhibited overfitting, a second training phase was conducted using the Inception-ResNet-V2, Inception-V3, MobileNet-V3, VGG16, and VGG19 architectures for 20 epochs. The performance results obtained during this phase are presented in Table 2, while the epoch-wise variations in accuracy and loss values are illustrated in Figure 1.

Table 2. Model Performance Results After 20 Epochs of Training

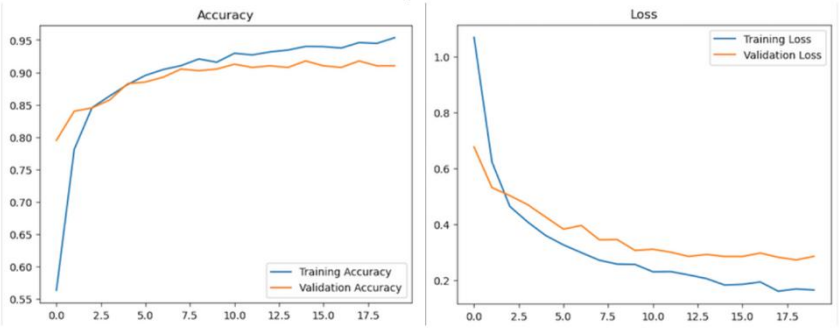
Models	Training Accuracy	Training Loss	Test Accuracy	Test Loss
Inception-ResnetV2	0.9745	0.0819	0.9300	0.2060
InceptionV3	0.9527	0.1673	0.9100	0.2853
MobileNetV3	0.9429	0.1799	0.9225	0.2124
VGG16	0.9717	0.0698	0.9475	0.2863
VGG19	0.9932	0.0258	0.9275	0.2938

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

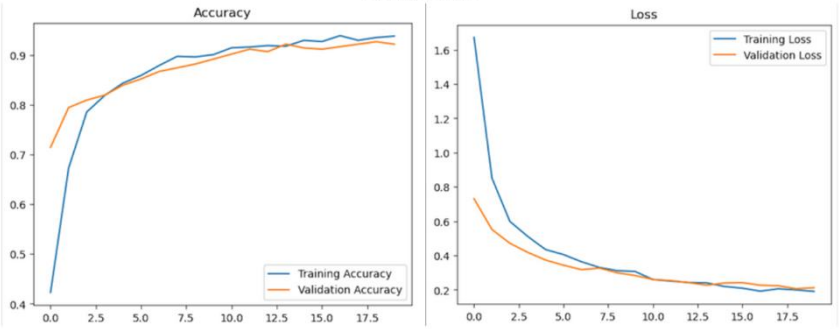
Inception-ResnetV2



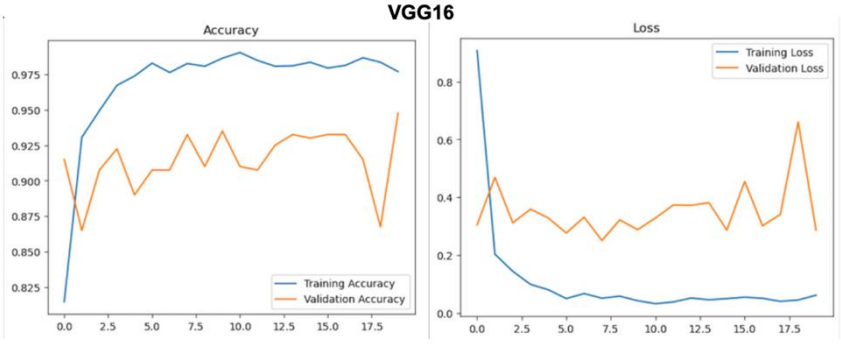
InceptionV3



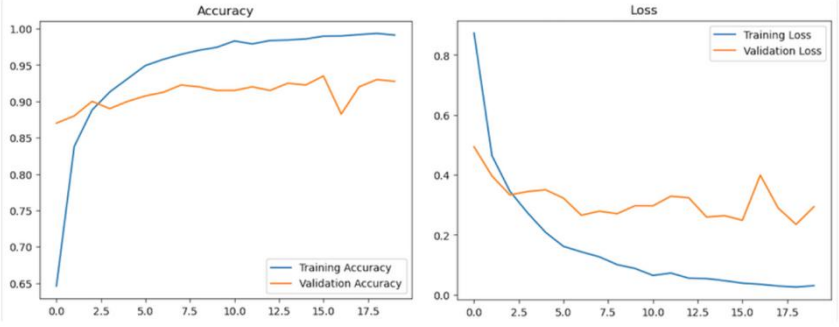
MobilenetV3



VGG16



VGG19



ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Figure 1. Model graphs after 20 epochs of training

After 20 epochs of training, a notable improvement in the overall accuracy of the models was observed compared to the results obtained after 10 epochs. However, although the VGG16 and VGG19 models achieved high accuracy values, the progressively increasing gap between the training and validation metrics, as illustrated in Figure 1, clearly indicates the presence of overfitting in these models. Therefore, the VGG16 and VGG19 architectures were excluded from the final evaluation stage. At this stage, the Inception-ResNet-V2, Inception-V3, and MobileNet-V3 architectures continued to be considered, as they demonstrated balanced and stable performance without exhibiting overfitting.

4.3. Analysis of the Most Successful Model

When the results presented in Table 2 and Figure 1 after 20 epochs are evaluated collectively, it is observed that the Inception-ResNet-V2 model achieves the most balanced and highest performance in terms of both accuracy and loss metrics. For this reason, the Inception-ResNet-V2 architecture was selected as the final model. To further analyze the classification performance of the selected model, a confusion matrix and a Receiver Operating Characteristic (ROC) curve were employed. The confusion matrix and ROC curve corresponding to the Inception-ResNet-V2 model are presented in Figure 2. The confusion matrix illustrates the number of correctly and incorrectly classified samples for each class, thereby revealing the model's class-wise performance. The ROC curve depicts the true positive and false positive rates across different threshold values, and the classification performance is evaluated in conjunction with the Area Under the Curve (AUC) metric. The high AUC value observed for the Inception-ResNet-V2 model indicates its strong discriminative capability in distinguishing grape leaf diseases.

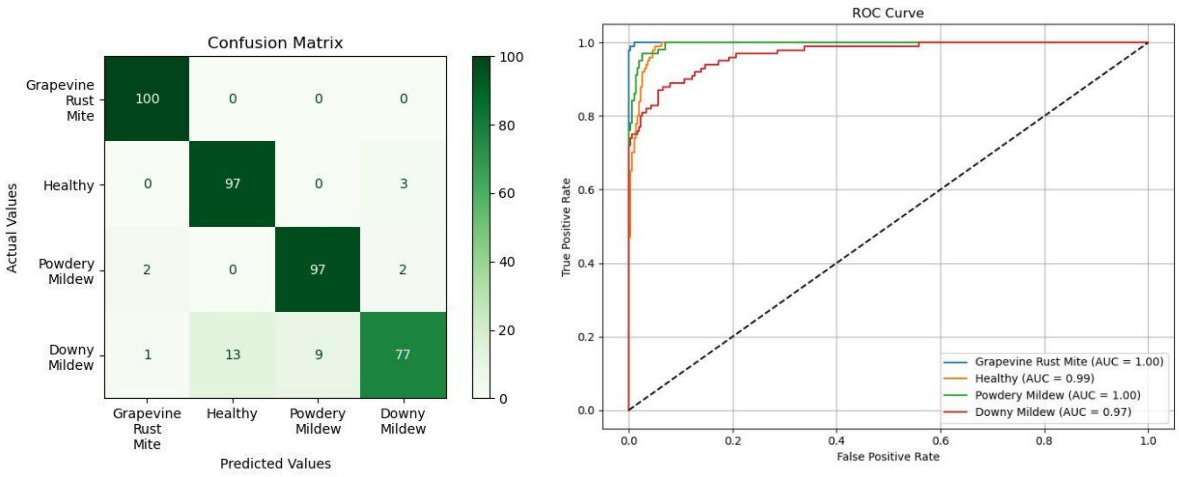


Figure 2. Confusion matrix and ROC curve of the Inception-ResNet-V2 Model

5. DISCUSSION AND CONCLUSION

The findings obtained in this study largely support previously reported research on plant leaf disease classification in the literature. In particular, the high and balanced accuracy achieved by the Inception-ResNet-V2 model, which is one of the CNN-based transfer learning architectures, is consistent with prior studies conducted on grape and other plant leaves. These results confirm that deep CNN architectures provide a reliable solution for the automatic detection of grape leaf diseases. The transfer learning approach enabled high classification performance to be achieved even with a limited amount of labeled agricultural data. Although the hybrid dataset used in this study was relatively small compared to conventional deep

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

learning applications, high accuracy rates were obtained through the reuse of models pre-trained on large-scale datasets. This finding clearly demonstrates the critical role of transfer learning in domains such as agriculture, where data collection is often challenging and costly.

Data augmentation and balanced dataset construction strategies also had a significant impact on model performance. Through the application of various data augmentation techniques, the models became more robust to diverse imaging conditions, while maintaining class balance contributed to a more stable and reliable learning process. In particular, the Inception-ResNet-V2 model exhibited consistent performance across both training and test datasets as a result of this approach. The impact of model architecture on classification performance was clearly observed in the experimental results. Although deep and high-parameter models such as VGG16, VGG19, and ResNet101 achieved high accuracy values, they exhibited noticeable overfitting tendencies. In contrast, the Inception-ResNet-V2 model provided superior generalization capability due to its balanced architectural design. This finding highlights that, in addition to high accuracy, model stability and generalizability are critical criteria in architectural selection.

In conclusion, this study demonstrates that grape leaf diseases can be detected automatically and efficiently, highlighting the practical applicability of artificial intelligence–based decision support systems in the agricultural domain. Future work will focus on improving performance using larger and more diverse datasets, exploring ensemble learning approaches, and deploying the proposed model as a mobile application for real-world use. Furthermore, the integration of environmental sensor data may contribute to earlier and more accurate detection of plant diseases.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by the TÜBİTAK 2209-A University Students Domestic Research Projects Support Program. The authors gratefully acknowledge TÜBİTAK for its financial support.

REFERENCES

1. Pertot, I., Caffi, T., Rossi, V., Mugnai, L., Hoffmann, C., Grando, M.S., Gary, C., Lafond, D., Duso, C., Thiery, D., Mazzoni, V., & Anfora, G. A critical review of plant protection tools for reducing pesticide use on grapevine and new perspectives for the implementation of IPM in viticulture, *Crop Protection*, 97: 70-84, 2017.
2. Mohanty, S. P., Hughes, D. P., & Salathé, M. Using Deep Learning for Image-Based Plant Disease Detection. *Front Plant Sci*. 7: 1419, 2016.
3. Fang T., Chen P., Zhang J., & Wang B. Identification of apple leaf diseases based on convolutional neural network. *International Conference on Intelligent Computing 2019*. Cham: Springer, p. 553-564, 2019.
4. Wagle, S. A., Sampe, J., Mohammad, F., & Ali, S. H. M. Effect of Data Augmentation in the Classification and Validation of Tomato Plant Disease with Deep Learning Methods. *Traitement du Signal*, 38(6), 2021.
5. Rao, U. S., Swathi, R., Sanjana, V., Arpitha, L., Chandrasekhar, K., & Naik, P. K. Deep learning precision farming: grapes and mango leaf disease detection by transfer learning. *Global Transitions Proceedings*, 2(2), 535-544, 2021.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

6. Nader, A., Khafagy, M. H., & Hussien, S. A. Grape leaves diseases classification using ensemble learning and transfer learning. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, *3*(7), 563-571, 2022.
7. Kaggle. Grape_disease. (Access Date: May 12, 2025). https://www.kaggle.com/datasets/pushpalama/grape-disease
8. Roboflow. Grape Leaf Disease Computer Vision Project. (Access Date: May 12, 2025). https://universe.roboflow.com/tru-projects-cqcql/grape-leaf-disease-dataset
9. Kaggle. Grape Leaf Disease Classification with InceptionV3. (Access Date: May 12, 2025). https://www.kaggle.com/code/yemi99/grape-leaf-disease-classification-with-inceptionv3/input
10. Mendeley Data. Vineyard Leaf Scab (Eriophyes Vitis Pagst.) Damage. (Access Date: May 12, 2025). https://data.mendeley.com/datasets/79f2wmdpmr/1

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

DERMOSKOPİK GÖRÜNTÜLER KULLANILARAK DERİN ÖĞRENME TABANLI MELANOM TESPİTİ

Aliagha GULİYEV
Hitit Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği
eliaga.quliyev.2016@mail.ru – ORCID: 0009-0008-7530-8524

Doç. Dr. Kenan GENÇOL
Hitit Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği
kenangencol@hitit.edu.tr – ORCID: 0000-0003-4044-3482

ÖZET

Melanom, diğer cilt kanserlerine kıyasla daha nadir görülmesine rağmen saldırgan biyolojik davranışı ve yüksek metastaz potansiyeli nedeniyle erken tanı gerektiren en tehlikeli cilt kanseri türlerinden biridir. Geleneksel tanı yöntemleri büyük ölçüde dermatologların klinik deneyimine dayanmakta olup, özellikle erken evre melanom vakalarında sübjektif değerlendirmeler nedeniyle yanlış veya gecikmiş tanı riski içermektedir. Bu durum hastalık ilerleyişini olumsuz etkileyebilmekte ve tedavi başarısını düşürebilmektedir. Bu nedenle otomatik, hızlı ve güvenilir bilgisayar destekli tanı sistemlerinin geliştirilmesi klinik açıdan büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, dermoskopik görüntüler kullanılarak iyi huylu ve kötü huylu cilt lezyonlarının otomatik sınıflandırılması amacıyla derin öğrenme tabanlı evrişimsel sinir ağı mimarileri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında VGG16, MobileNetV2, InceptionV3, ResNet, DenseNet ve EfficientNet mimarileri ISIC veriseti üzerinde eğitilmiş ve doğrulama ile test kümeleri üzerinde performans analizleri gerçekleştirilmiştir. Modellerin başarımı doğruluk, kesinlik, hassasiyet ve F1-skoru gibi yaygın kullanılan performans metrikleri aracılığıyla ayrıntılı biçimde incelenmiştir. Elde edilen deneysel sonuçlar, VGG16 mimarisinin eğitim doğruluğu yüksek olmasına rağmen doğrulama kaybındaki artış nedeniyle aşırı öğrenme eğilimi gösterdiğini ortaya koymuştur. MobileNetV2 ve InceptionV3 mimarileri daha dengeli bir öğrenme süreci sergileyerek genelleme yeteneklerini artırmıştır. ResNet ve DenseNet mimarileri kötü huylu sınıfının tespitinde belirli iyileşmeler sağlamış olsa da sınıf dengesizliği nedeniyle kötü huylu hassasiyet değerlerinin sınırlı kaldığı gözlemlenmiştir. EfficientNet mimarisi ise doğrulama ve test kümelerinde dengeli ve tutarlı bir performans sunarak kötü huylu sınıfı açısından en yüksek başarıyı elde etmiştir. Sonuç olarak, EfficientNet tabanlı modelin dermoskopik görüntüler üzerinden melanom tespiti için klinik karar destek sistemlerinde kullanılabilecek güçlü, güvenilir ve uygulanabilir bir yaklaşım sunduğu değerlendirilmektedir. Bu yaklaşım erken tanı süreçlerini desteklemekte ve klinik uygulamalara katkı sağlamaktadır. Bu yaklaşım erken tanı süreçlerini desteklemekte ve klinik uygulamalara katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler : Melanom, Derin Öğrenme, Evrişimsel Sinir Ağları, Dermoskopik Görüntüler

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

BETON YÜZEY ÇATLAKLARININ MASK R-CNN DERİN ÖĞRENME ALGORİTMASI İLE TESPİT EDİLMESİ

Yüksek Lisans Öğrencisi, Yusuf Çetinkaya
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi,
yusufcetinkaya650@gmail.com - 0009-0009-2350-7684

Lisans Öğrencisi, Kadir Kurban
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi,
kadirkurbanresmi@gmail.com – 0009-0002-2948-1496

Dr. Öğr. Üyesi, Muhammet Gökhan Altun
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi,
muhammetgokhan.altun@comu.edu.tr – 0000-0002-9345-9907

ÖZET

Betonarme yapılar inşaat sektörünün temel unsurlarındandır ve zamanla çeşitli etkilere maruz kalarak yüzeylerinde çatlaklar oluşabilmektedir. Çatlaklar, ilerleyen süreçte yapının taşıyıcı sisteminde zayıflamalara, can ve mal kayıplarına yol açabilmektedir. Çatlakların erken tespiti ve analizi, yapı sağlığı izleme sistemleri açısından büyük önem taşımaktadır. Geleneksel çatlak tespit yöntemleri genellikle manuel ölçümlere dayanmaktadır. Bu yöntemler hem zaman alıcı hem de insan hatasına açık olup, büyük yapılarda maliyetli ve zahmetlidir. Son yıllarda bu nedenle, bilgisayarla görme, görüntü işleme ve yapay zekâ tabanlı çatlak tespit sistemlerine olan ilgi artmıştır. Bu çalışmada, beton yüzey çatlakları tespiti için Orta Doğu Teknik Üniversitesinin 1500 adet 1920x1080 piksel çözünürlüklü beton görüntülerinden oluşan veri seti kullanılmıştır. Mask R-CNN algoritması kullanılarak bu görüntüler üzerinde beton çatlakları tespit edilmiştir. Mask R-CNN, nesne tanıma ve segmentasyon görevlerini birlikte gerçekleştirebilen güçlü bir derin öğrenme modelidir. Modelin geliştirilmesi, eğitim ve değerlendirilmesi amacıyla Detectron2 kütüphanesi kullanılmıştır. Görüntüler belirli oranlarda eğitim, doğrulama ve test setlerine ayrılmıştır. Modelin başarısı; doğruluk (accuracy), kesinlik (precision), duyarlılık (recall) ve F1 skoru gibi metriklerle değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre, modelin doğruluk oranı %77,5, pozitif tahmin değeri (precision) %82,1 ve duyarlılık oranı %73,3 olarak gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler : Çatlak tespiti, Görüntü işleme, Derin öğrenme, Mask R-CNN

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

DETECTION OF CONCRETE SURFACE CRACKS USING MASK R-CNN DEEP LEARNING ALGORITHM

ABSTRACT

Reinforced concrete structures are among the fundamental elements of the construction sector and may develop surface cracks over time as a result of exposure to various effects. These cracks can eventually lead to weakening of the structural system, causing loss of life and property. Early detection and analysis of cracks are of great importance for structural health monitoring systems. Traditional crack detection methods are generally based on manual measurements. These methods are time-consuming, prone to human error, and costly and labor-intensive for large structures. Therefore, in recent years, interest in computer vision, image processing, and artificial intelligence–based crack detection systems has increased. In this study, a dataset consisting of 1,500 concrete images with a resolution of 1920×1080 pixels, provided by Middle East Technical University, was used for the detection of concrete surface cracks. Concrete cracks were detected in these images using the Mask R-CNN algorithm. Mask R-CNN is a powerful deep learning model capable of performing object recognition and segmentation tasks simultaneously. The Detectron2 library was used for the development, training, and evaluation of the model. The images were divided into training, validation, and test sets at specified ratios. The performance of the model was evaluated using metrics such as accuracy, precision, recall, and F1 score. According to the results, the model achieved an accuracy of 77.5%, a positive predictive value (precision) of 82.1%, and a recall rate of 73.3%.

Keywords : Crack detection, Image processing, Deep learning, Mask R-CNN

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

1. GİRİŞ

Betonarme yapılar, tüm Dünyadaki modern altyapının temelini oluşturmaktadır. Betonarme yapıların yapısal sağlık izlemesi kamu güvenliği ve sürdürülebilirlik açısında kritik öneme sahiptir. Bu yapılarda zamanla çeşitli çevresel ve mekanik etkenlere bağlı olarak çatlaklar meydana gelebilmektedir. Yapıların dayanıklılığı, sağlamlığı ve ömrü betonun kalitesine ve içyapısına bağlıdır. Yapı hizmet ömrü boyunca, değişen yükleme koşulları, yetersiz onarımlar, sıcaklık, genleşme ve büzülme, korozyon, donma çözülme, klor difüzyonu, karbonatlaşma, biyolojik oluşumlar gibi çeşitli mekanik, fiziksel ve kimyasal etkilere maruz kalmakta ve bu etkiler betonun çatlamasına ve bozulmasına sebep olmaktadır. Bu çatlaklar, önlem alınmadığı takdirde, yapıların yapısal bütünlüğünü tehlikeye atmanın yanı sıra önemli can ve mali kayıplara sebep olabilmektedir. Beton yüzeylerdeki çatlaklar, olası yapısal bozulmanın erken göstergeleridir ve bunların zamanında tespiti, yapıların dayanıklılığı ve güvenliği açısından hayati öneme sahiptir. Hizmet ömrü boyunca yapının performansı ve güvenliğini sağlamak için çatlakların tespit edilmesi, derinliğinin ve miktarının belirlenmesi doğru teşhisin konulması açısından oldukça önemlidir. Çatlak tespiti, incelemeyi yapan kişinin deneyimi ile doğrudan ilişkilidir. Endüstrileşme ve nüfus artışı ile birlikte yapı sayısı önemli ölçüde arttığından, alternatif ve daha kesin bir tespit sürecine ihtiyaç duyulmaktadır (Choudhary ve Dey 2012; Zawad ve ark. 2021; Valença ve ark. 2017; Gaur ve ark. 2023; Yu ve ark. 2022; Rimkus ve ark. 2015; Iraniparast ve ark. 2023).

Geleneksel manuel inceleme teknikleri, zaman, işgücü, maliyet, yüksek hata olasılığı ve uygulamadaki zorluklar açısından oldukça dezavantajlı olup özellikle büyük ölçekli altyapılar için verimsizdir. Geleneksel çatlak tespit yöntemleri, uzun ölçekli fiber optik sensörler, esnek iletken kaplamalar, akustik emisyon ve dijital fotogrametri gibi temas tabanlı teknikleri içermektedir. Bu yöntemlerin, ekipmanın yapı yüzeyine monte edilmesini gerektirmesi, yüksek maliyetli olması ve sensörlerin oksidasyon, dökülme ve yaşlanma gibi sorunlara açık olması gibi bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Ayrıca, bu tekniklerin etkin bir şekilde uygulanabilmesi için çatlak oluşabilecek bölgelerin önceden belirlenmesi gerekmekte, bu da pratikte verimliliği düşürmektedir. Son yıllarda manuel tespite alternatif olarak görüntü işleme teknikleri, makine öğrenmesi ve derin öğrenme tabanlı algoritmaların bu alanda kullanımına yönelik araştırmaların yaygınlaştığı literatürden anlaşılmaktadır. Görüntü işleme yoluyla çatlak tespiti, çatlakları yapıların yüzeylerinden ayırt etmek için esas olarak görüntü işleme tabanlı algoritmalar kullanan bir yüzey çatlak tespiti tekniğidir. Bu teknik, çatlak genişliği, uzunluğu ve alanı gibi çatlakların özelliklerini etkili bir şekilde tespit ve analiz eder. Bu nedenle, otomatik çatlak tespiti, daha fazla doğruluk ve güvenilirliğe sahip manuel prosedürlere bir alternatif olabilir (Miao ve Srimahachota 2021; Ali ve ark. 2022; Ni ve ark. 2020; Khan ve ark. 2023; Xu ve ark. 2023).

Özetle, yapıların geleneksel ve manuel yöntemlerle izlenmesi, hem yüksek maliyetli hem de zaman açısından verimsizdir. Ayrıca, değerlendirme sürecinin kişisel deneyim ve bilgiye dayanması, sonuçların objektifliğini azaltmaktadır. Son araştırmalar, görüntü işleme ve makine öğrenmesi tekniklerinin, yapısal sağlık izleme alanında tahribatsız yöntemler olarak

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

kullanılabileceğini göstermiştir. Bilgisayarlı görü ve derin öğrenme alanındaki son teknolojik gelişmeler, çatlak tespiti ve değerlendirmesinde umut vadeden alternatifler sunmaktadır. Bu çalışmada, çatlakları daha hızlı ve daha doğru tespit etmek amacıyla METU veri seti üzerinde Mask R-CNN algoritması kullanılmış ve literatürde yapılan diğer çalışmalarla kıyaslanmıştır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Veri Setinin Düzenlenmesi

Bu çalışmada, beton yüzeylerindeki çatlakların tespiti ve segmentasyonu amacıyla METU veri kümesinden (Özgenel 2019) rastgele seçilen yüksek çözünürlüklü (1920x1080 piksel) 1500 adet görüntü kullanılmıştır. Her bir görüntü, nesne sınırlayıcı kutuları (bounding box) ve piksel bazlı segmentasyon maskeleri (segmentation mask) ile "Positive" olarak adlandırılan tek bir sınıf için etiketlenmiştir. Modelin genelleme kabiliyetini artırmak ve aşırı öğrenmeyi (overfitting) önlemek amacıyla, eğitim veri seti üzerinde çeşitli veri artırma (data augmentation) teknikleri uygulanmış ve bu sayede toplam görüntü sayısı 3877'ye çıkartılmıştır. Veri setinde yer alan çatlak olan ve çatlak olmayan örnek görüntüler sırasıyla Görsel 1 ve Görsel 2'de gösterilmiştir. Veri seti, modelin performansını objektif bir şekilde değerlendirebilmek amacıyla %87 eğitim (training), %8 doğrulama (validation) ve %4 test olmak üzere üç alt kümeye ayrılmıştır. Eğitim sürecinde modelin girdi katmanına uyum sağlaması amacıyla tüm görüntüler 640x640 piksel çözünürlüğe sabitlenmiş ve piksel değerleri 0 ile 1 arasında normalize edilmiştir.

2.2. Kullanılan Yöntem

Eğitim işlemi Google Colab ortamında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada NVIDIA Tesla T4 GPU kullanılmıştır (Altun ve Altun 2024). Yazılım dili olarak Python 3.11.13 programı kullanılmıştır. Çatlak tespitinde, nesne tespiti ve segmentasyon alanında yüksek başarıya sahip olan Mask R-CNN [1] mimarisi tercih edilmiştir. Modelin geliştirilmesi, eğitim ve değerlendirilmesi amacıyla Detectron2 kütüphanesi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar doğruluk, duyarlılık, pozitif tahmin değeri, negatif tahmin değeri, F1 değeri, karmaşıklık matrisi gibi değerlendirme ölçütleri üzerinden incelenmiştir. Modelin optimum performansa ulaşabilmesi için hiperparametreler, tekrarlanabilirlik ve kararlılık hedeflenerek seçilmiştir. Eğitimde kullanılan temel hiperparametreler; başlangıç öğrenme oranı, yığın boyutu, toplam iterasyon sayısı ve değerlendirme periyodu sırasıyla 0.001, 64, 5000 ve 500 olarak kullanılmıştır. Eğitim süresince, her 500 iterasyonda bir doğrulama veri seti üzerinde mAP (mean Average Precision) metriği hesaplanarak modelin performansı izlenmiştir. Eğitim sonunda, doğrulama setinde en yüksek mAP skorunu elde eden model ağırlıkları, nihai test değerlendirmesi için en iyi model olarak seçilmiştir.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Görsel 1. Çatlak olan örnek görüntüler

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Görsel 2. Çatlak olmayan örnek görüntüler

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Modelin karmaşıklık matrisi **Görsel 3'de** verilmiştir. Karmaşıklık matrisi modelin başarısını doğru şekilde ölçmek ve değerlendirmek için oldukça önemlidir. Bu matris yardımıyla farklı performans metriklerinin değerleri belirlenmekte ve böylece modelde iyileştirmeler yapmak ve gerçeğe en yakın tahminler üretebilmek mümkün olabilmektedir. Diğer bir ifadeyle doğruluk, duyarlılık, pozitif tahmin değeri, negatif tahmin değeri, F1 değeri, karmaşıklık matrisi gibi değerlendirme ölçütleri üzerinden incelenmiştir. Bu ölçütler gerçek pozitif (TP), yanlış pozitif (FP), gerçek negatif (TN) ve yanlış negatif (FN) olmak üzere dört kategori üzerinden hesaplanmaktadır ve modelin performansı açısından önemli bilgiler sunmaktadır. Doğruluk (accuracy) modelin doğru tahminlerinin genel veri seti içerisindeki oranını göstermektedir. Duyarlılık (recall) gerçek pozitiflerin doğru sınıflandırılma oranını ifade etmektedir. F1 değeri, doğruluk ve duyarlılık metriklerinin harmonik ortalaması olarak hesaplanmaktadır. Pozitif tahmin değeri modelin pozitif olarak tahmin ettiği örneklerin gerçekten pozitif olma oranını göstermektedir (Erickson ve Kitamura 2021) Söz konusu metrikler Denklem (1-4) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\text{Accuracy} = (TP+TN) / (TP+FN+TN+FP) \quad (1)$$

$$\text{Recall} = TP / (TP+FN) \quad (2)$$

$$\text{F1 score} = 2TP / (2TP+FP+FN) \quad (3)$$

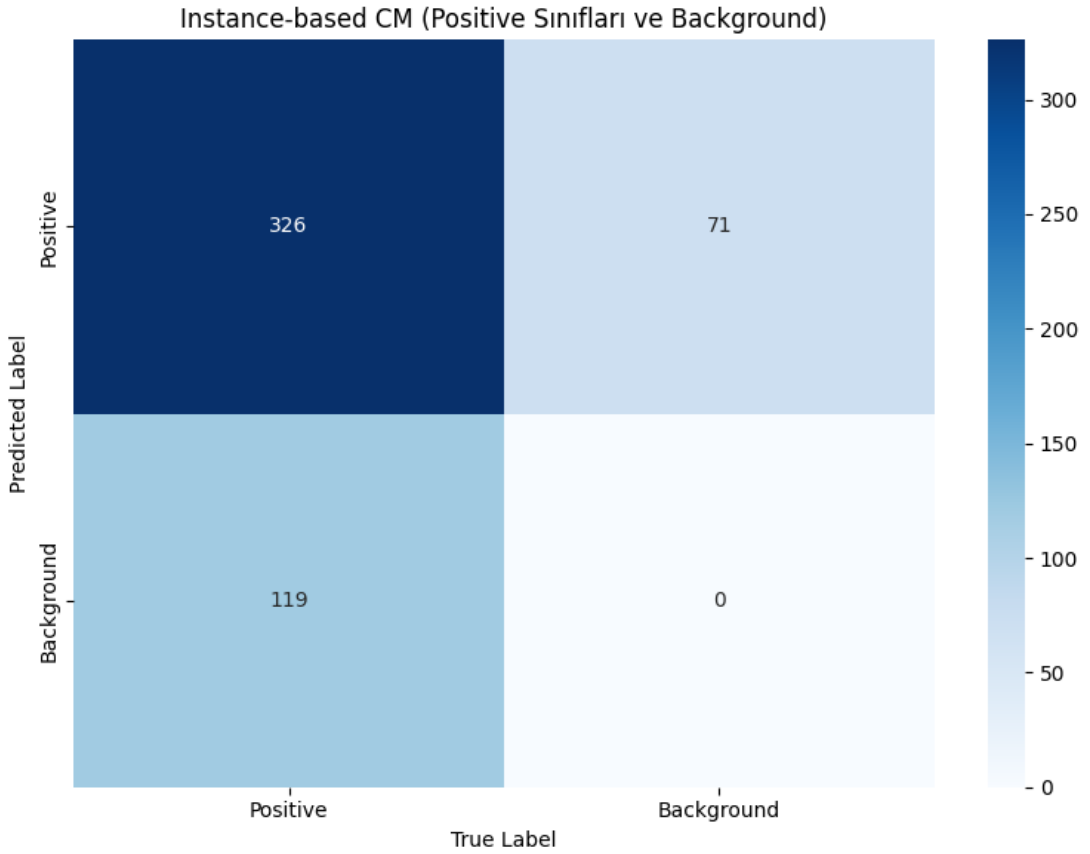
$$\text{Precision} = TP / (TP+FP) \quad (4)$$

Görsel 3'e göre modelin doğru bir şekilde çatlak olarak tespit ettiği örnek sayısı yani doğru pozitif değeri 326'tir. Çatlak olmayan alanları yanlışlıkla çatlak olarak sınıflandırdığı örnek sayısı yani yanlış pozitif sayısı 71'dir. Modelin tespit edemediği gerçek çatlak sayısı yani doğru negatif sayısı ise 119'tir. Modelin yüksek gerçek pozitif değeri çatlakları etkin bir şekilde tespit edebildiğini göstermektedir. Bu değerler kullanılarak hesaplanan değerlendirme metriklerine ait sonuçlar **Çizelge 1'de** verilmiştir.

Çizelge 1. Değerlendirme metriklerine ait sonuçlar

Değerlendirme Metriği	Değer
Accuracy	0,632
Recall	0,733
F1 score	0,775
Positive predictive value	0,821

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

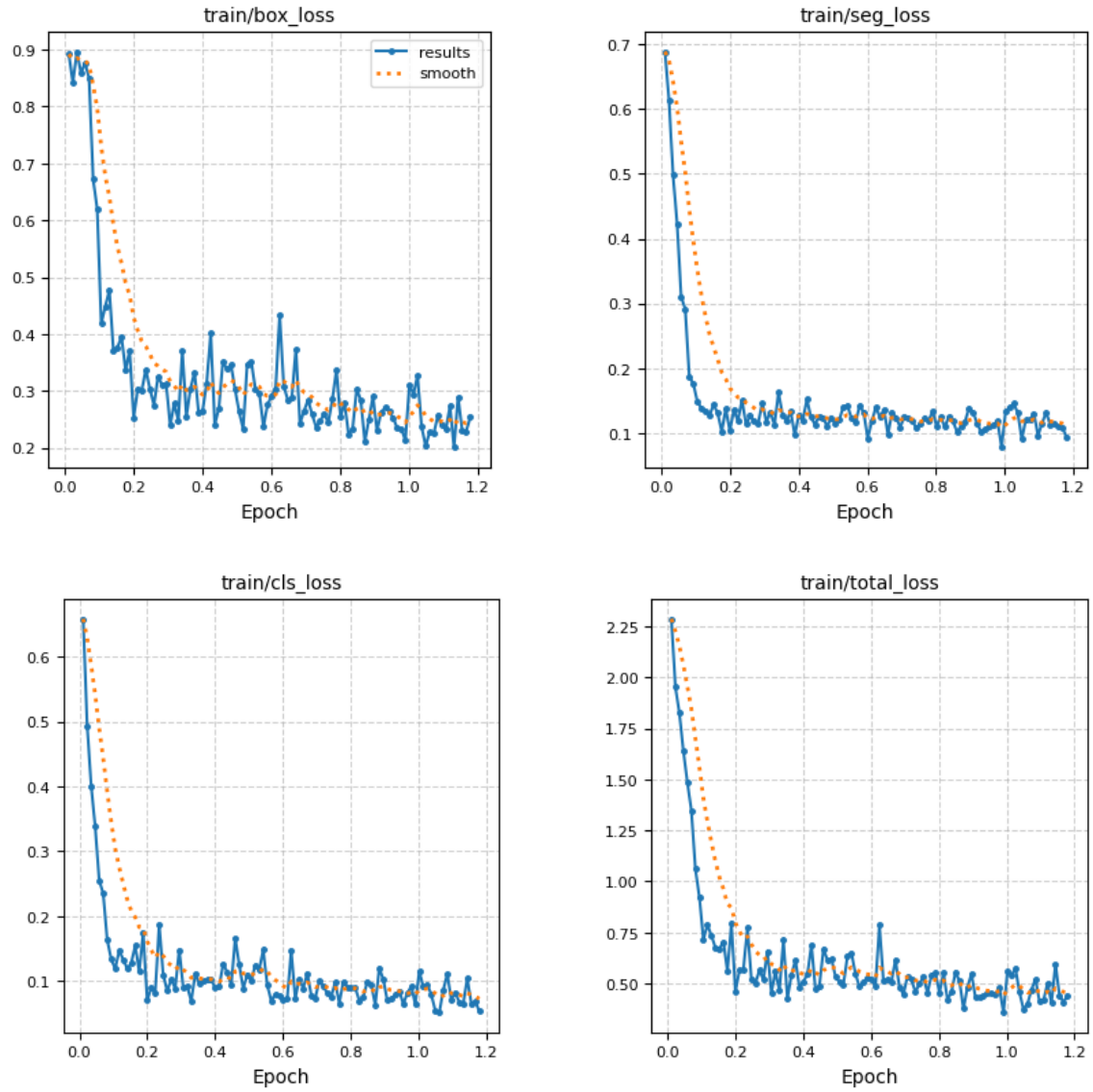


Görsel 3. Karmaşıklık matrisi

Bu çalışmada, Mask R-CNN algoritması kullanılmıştır. Mask R-CNN, Faster R-CNN'den genişletilen bir örnek segmentasyon çerçevesidir ve iki aşamaya ayrılmıştır: birinci aşama görüntüyü tarayarak öneriler (proposals) oluşturmaktadır, ikinci aşama ise bu önerileri sınıflandırmakta ve sınırlayıcı kutu (bounding box) ve maske üretmektedir. Mask R-CNN algoritması şu şekilde çalışmaktadır: İlk olarak algoritma bir görüntüyü alır ve bu görüntüyü daha küçük parçalara ayırarak nesnelerin olabileceği bölgeleri işaretler. Bu işaretlenen bölgeler daha detaylı incelenmek üzere seçilen potansiyel nesne adaylarıdır. Ardından her bir aday bölge için içindeki nesnenin ne olduğu (örneğin, araba, insan) ve nesnenin tam olarak nerede bulunduğu belirlenir. Özellik haritası RPN (Region Proposal Network) aracılığıyla bu aday çerçeveler oluşturulurken softmax sınıflayıcısı ile arka plan ve ön plan arasında sınıflandırma yapılır, çerçeve regresyonu ile aday çerçevenin konum bilgileri daha doğru hale getirilir ve non-maximum suppression ile bazı ROI'ler filtrelenir. Özellik haritası ve kalan ROI'ler her ROI'nin sabit boyutlu bir özellik haritası üretmesi için RoIAlign katmanına gönderilir. Son olarak akış iki dala ayrılır: bir dal nesne sınıflandırması ve çerçeve regresyonu için tam bağlantılı katmana diğer dal ise piksel segmentasyonu için tam konvolüsyonel ağa (FCN) girer. Her nesne için bir maske oluşturularak nesnenin piksel düzeyindeki sınırları belirlenir. Bu yapı Mask R-CNN'in etkili bir nesne tespiti ve segmentasyonu sağlama yeteneğini artırmaktadır (Ammirato ve Berg 2019; Zhang ve ark. 2020). Modelin eğitim sonuç grafikleri Görsel 4'te,

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

modelin tahmin örnekleri Görsel 5'de verilmiştir. Görsel 4'te yer alan grafikler model eğitimi sırasında kaydedilen dört farklı kayıp (loss) metriğinin zamana (epoch) göre değişimini göstermektedir. Her grafik, mavi çizgi ile ham kayıp değerlerini (results) ve turuncu kesikli çizgi ile bu değerlerin düzgünleştirilmiş halini (smooth) göstermektedir.

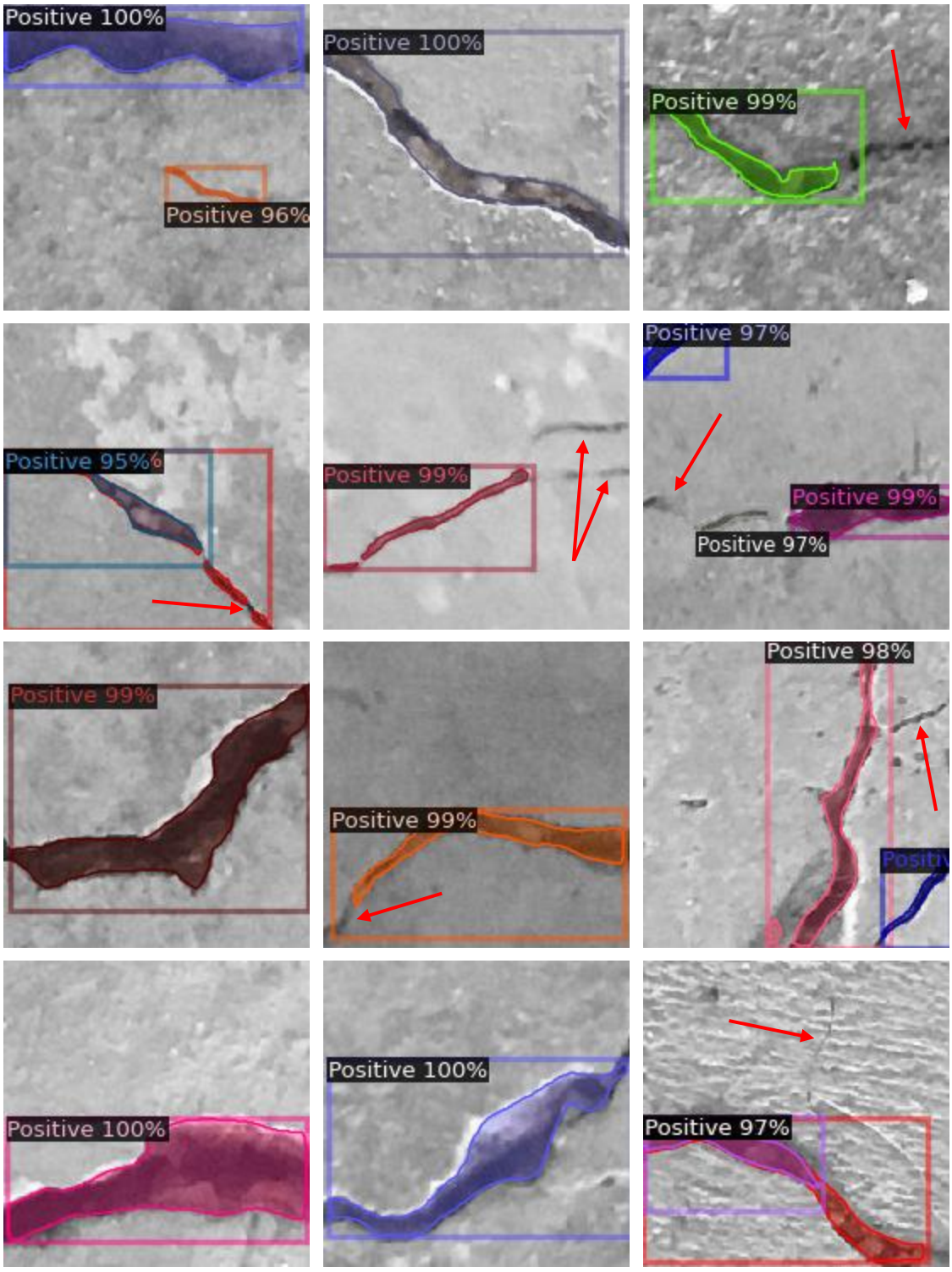


Görsel 4. Modelin eğitim sonuç grafikleri

"Train/box_loss" grafiği Modelin nesne tespiti (object detection) sırasında kutu (bounding box) tahmini için hesaplanan kaybı göstermektedir. Başlangıçta ~0,9 civarında olan box loss, hızla düşerek 0,3 civarına kadar inmiş. Bu, modelin kutu tahminlerinde belirgin bir iyileşme yaşadığını gösteriyor. "Train/seg_loss" grafiği, segmentasyon (örneğin maskeleme) ile ilgili kaybı ifade etmektedir. Modelin pikseller düzeyinde tahmin performansını ölçmektedir. Başlangıçta 0,7 olan seg_loss çok hızlı düşmüş ve 0,1 seviyelerinde dengelenmiştir. Bu, segmentasyon kalitesinin kısa sürede oldukça iyi hale geldiğini göstermektedir. "Train/cls_loss" grafiği, sınıflandırma kaybını göstermektedir. Diğer bir ifadeyle modelin

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

nesne sınıflarını doğru tahmin edip etmediğini ölçmektedir. Yaklaşık 0,65'ten başlayan cls_loss, hızla düşerek 0,1'in altına inmiştir. Bu, sınıflandırma performansında ciddi bir iyileşme olduğunu göstermektedir. "Train/total_loss" garfiği toplam kaybı göstermektedir. 2,25 gibi yüksek bir seviyeden başlayan toplam kayıp, hızla 0,5 altına düşmüştür. Bu, genel model performansında ciddi bir iyileşme olduğunu göstermektedir.



Şekil 5. Modelin tahmin örnekleri

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, Mask R-CNN mimarisi kullanılarak beton yüzeylerindeki çatlakların otomatik tespiti ve segmentasyonu gerçekleştirilmiştir. Orta Doğu Teknik Üniversitesi kampüsündeki farklı yapılardan elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntülerden oluşan METU veri kümesi kullanılarak modelin performansı değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, modelin yüksek gerçek pozitif oranına sahip olduğunu ve çatlakları doğru şekilde tespit edebildiğini göstermektedir. Özellikle yüksek kesinlik (precision = 0,821) ve tatmin edici F1-skoru (0,775) değerleri, modelin çatlak tespiti açısından güvenilir bir performans sergilediğini ortaya koymaktadır. Eğitim süreci boyunca kayıpların (loss) hızlı bir şekilde azalarak dengelenmesi, modelin öğrenme sürecinin etkin olduğunu ve aşırı öğrenme (overfitting) eğilimi göstermediğini kanıtlamaktadır. Doğrulama verileri üzerindeki tutarlı performans, modelin genelleme yeteneğine sahip olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, karışıklık matrisi analizine göre modelin arka plan (background) sınıfını doğru tahmin edememesi, sınıf dengesizliği veya arka plan örneklerinin yetersizliği gibi nedenlerle performansın bu alanda geliştirilebileceğine işaret etmektedir. Sonuç olarak, görüntü işleme ve derin öğrenme tabanlı yöntemlerin betonarme yapıların yapısal sağlık izlemesinde tahribatsız, hızlı ve objektif bir alternatif sunduğu görülmektedir. Mask R-CNN gibi ileri seviye segmentasyon ağlarının, çatlakların morfolojik özelliklerine göre analiz edilmesi ve otomatik raporlama süreçlerine entegre edilmesi, bakım-onarım önceliklendirmesinde önemli katkılar sağlayacaktır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, daha dengeli ve çeşitli veri kümelerinin kullanılması, farklı aydınlatma ve yüzey koşullarını içeren verilerle modelin genelleme kabiliyetinin artırılması önerilmektedir. Ayrıca, odak kaybı (focal loss) veya sınıf ağırlıklandırma (class weighting) gibi yöntemlerle dengesiz veri sorunlarının azaltılması ve daha hafif ağ yapılarının kullanılmasıyla gerçek zamanlı saha uygulamalarına uygun sistemlerin geliştirilmesi mümkün olacaktır. Genel olarak bu çalışma, derin öğrenme tabanlı görüntü işleme yöntemlerinin, beton yüzeylerdeki çatlakların tespiti ve değerlendirilmesinde yüksek potansiyele sahip olduğunu göstermekte ve yapısal sağlık izlemesi alanında daha güvenli, sürdürülebilir ve maliyet etkin çözümlerin geliştirilmesi için önemli bir temel oluşturmaktadır.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 2209-A - Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında 2024 / 1 dönem ve 1919B012415475 numaralı proje ile desteklenmiştir.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

KAYNAKÇA

1. Ali, R., Chuah, J. H., Talip, M. S. A., Mokhtar, N., Shoaib, M. A. Structural crack detection using deep convolutional neural networks, Automation in Construction, 133, 2022.

2. Altun, M. G., Altun, A. H. Beton yüzey çatlaklarının YOLOv8 derin öğrenme algoritması ile tespit edilmesi, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 39,3, 2024.

3. Ammirato, P., Berg, A. C. A mask-RCNN baseline for probabilistic object detection, arXiv preprint arXiv:1908.03621, 2019.

4. Choudhary, G. K., Dey, S. Crack detection in concrete surfaces using image processing, fuzzy logic, and neural networks, IEEE Fifth International Conference on Advanced Computational Intelligence, 2012.

5. Erickson, B. J., Kitamura, F. Performance metrics for machine learning models, Radiology: Artificial Intelligence, 3,3, 2021.

6. Gaur, A., Kishore, K., Jain, R., Pandey, A., Singh, P., Wagri, N. K., Roy-Chowdhury, A. B. A novel approach for industrial concrete defect identification based on image processing and deep convolutional neural networks, Case Studies in Construction Materials, 19, 2023.

7. Iraniparast, M., Ranjbar, S., Rahai, M., Nejad, F. M. Surface concrete cracks detection and segmentation using transfer learning and multi-resolution image processing, Structures, 54, 2023.

8. Khan, M. A. M., Kee, S. H., Pathan, A. S. K., Nahid, A. A. Image processing techniques for concrete crack detection: A scientometrics literature review, Remote Sensing, 15,9, 2023.

9. Miao, P., Srimahachota, T.Cost-effective system for detection and quantification of concrete surface cracks by combination of convolutional neural network and image processing techniques, Construction and Building Materials, 293, 2021.

10. Ni, T., Zhou, R., Gu, C., Yang, Y. Measurement of concrete crack feature with android smartphone APP based on digital image processing techniques, Measurement, 150, 2020.

11. Özgenel, Ç. F. Concrete crack images for classification, Mendeley Data, 2, 2019.

12. Rimkus, A., Podviezko, A., Gribniak, V. Processing digital images for crack localization in reinforced concrete members, Procedia Engineering, 122, 2015.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

13. Valença, J., Puente, I., Júlio, E. N. B. S., González-Jorge, H., Arias-Sánchez, P. Assessment of cracks on concrete bridges using image processing supported by laser scanning survey, Construction and Building Materials, 146, 2017.

14. Xu, G., Yue, Q., Liu, X. Real-time monitoring of concrete crack based on deep learning algorithms and image processing techniques, Advanced Engineering Informatics, 58, 2023.

15. Yu, Y., Rashidi, M., Samali, B., Mohammadi, M., Nguyen, T. N., Zhou, X. Crack detection of concrete structures using deep convolutional neural networks optimized by enhanced chicken swarm algorithm, Structural Health Monitoring, 21,5, 2022.

16. Zawad, M. R. S., Zawad, M. F. S., Rahman, M. A., Priyom, S. N. A comparative review of image processing based crack detection techniques on civil engineering structures, Journal of Soft Computing in Civil Engineering, 5,3, 2021.

17. Zhang, R., Tian, Z., Shen, C., You, M., Yan, Y. Mask encoding for single shot instance segmentation, IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2020.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

FARKLI ZEMİN KAT YÜKSEKLİKLERİNE SAHİP BETONARME BİNALARDA DOLGU DUVAR ETKİSİNİN İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF INFILL WALL EFFECT IN REINFORCED CONCRETE BUILDINGS WITH DIFFERENT GROUND FLOOR HEIGHTS

Yüksek Lisans Öğrencisi, Mohamed Abdirahman Afyare (Sorumlu Yazar)
Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
mohamed.afyare@ogr.sakarya.edu.tr - **ORCID:** 0009-0000-7406-7986

Doç. Dr., Muhammet Zeki ÖZYURT
Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
ozyurt@sakarya.edu.tr- **ORCID:**0000-0002-1593-4581

ÖZET

Betonarme binalarda zemin katların ticari fonksiyonlar nedeniyle diğer katlara oranla daha yüksek tasarlanması, yapının düşey doğrultudaki rijitlik dağılımını bozarak deprem güvenliğini riske atan yumuşak kat düzensizliğine zemin hazırlanmaktadır. Bu çalışma kapsamında, zemin kat yüksekliği 3 m ve 5 m olarak belirlenen 4 katlı betonarme bir yapıda dolgu duvarların yapısal davranış üzerindeki etkisi karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Analizler, SAP2000 yazılımı kullanılarak Zaman Tanım Alanında Doğrusal Analiz yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Dolgu duvarlar literatürde yaygın olarak kullanılan Eşdeğer Basınç Çubuğu yöntemiyle modellenmiştir. Çalışma kapsamında mod periyotları, yatay yer değiştirmeler, göreli kat ötelemeleri ve taban kesme kuvvetleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

Elde edilen bulgular, zemin kat yüksekliği artışının duvarsız modellerde yapıyı önemli ölçüde esnekleştirdiğini ve periyot değerlerini %36 oranında artırdığını göstermiştir. Buna karşın, dolgu duvarların sisteme dahil edildiği modellerde, 5 metrelik zemin kat yüksekliğine rağmen yapının rijitliğini koruduğu ve yer değiştirmelerin duvarsız modellere kıyasla %90'ın üzerinde sınırlandığı tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda, dolgu duvarların sadece mimari bir dolgu elamanı değil, özellikle zemin kat yüksekliği fazla olan binalarda rijitlik sürekliliğini sağlayan kritik bir yapısal bileşen olduğu ortaya konulmuştur. Bu elemanların tasarım aşamasında rijitlik unsuru olarak hesaba katılması, yapısal düzensizliklerin doğru teşhis edilmesi açısından büyük önem arz etmektedir.

Anahtar kelimeler: yüksek zemin kat, dolgu duvar, zaman tanım alanı analizi, SAP2000.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

ABSTRACT

In reinforced concrete buildings, designing ground floors higher than other floors for commercial functions disrupts the vertical stiffness distribution and paves the way for soft story irregularity, which risks seismic safety. Within the scope of this study, the effect of infill walls on the structural behavior of a 4-story reinforced concrete building with ground floor heights of 3 m and 5 m was investigated comparatively. The analysis were performed using the linear time history analysis method in sap2000 software. Infill walls were modeled using the equivalent compression strut method, which is widely used in the literature. Within the context of the study, the effects on model periods, displacements, story drifts and base shear forces were evaluated. The findings obtained indicated that the increase in ground floor height significantly softened the structure in bare frame models and increased the period values by 36%. In contrast it was determined that in models where infill walls were integrated into the system, the structure maintained its stiffness despite the 5 m ground floor height and displacements were restricted by over 90% compared to bare frame models. As a result of the study, it has been demonstrated that infill walls are not merely architectural filling elements but are critical structural components that ensure stiffness continuity, especially in buildings with high ground floor heights. Considering these elements as stiffness components during the design stage is of great importance for the accurate diagnosis of structural irregularities.

Keywords: high ground floor, infill wall, time history analysis, sap2000.

1.GİRİŞ

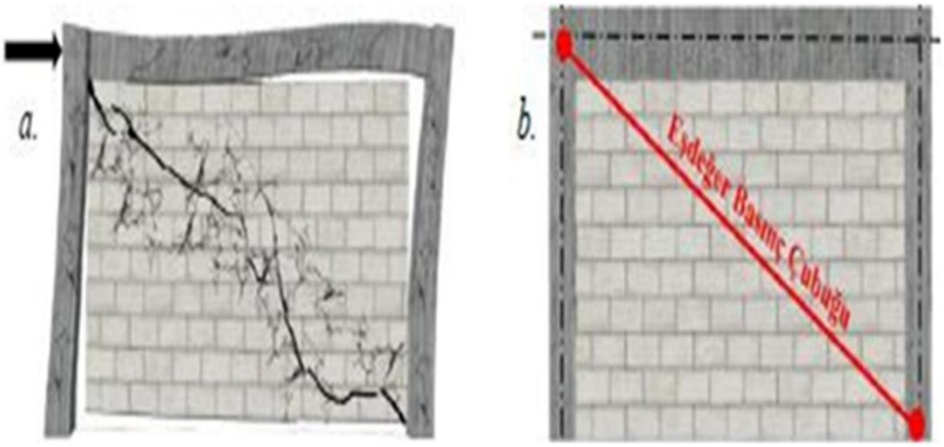
Betonarme çerçeve sistemli yapılardı, dış cepheler ve iç bölmeler genellikle tuğla veya bims blok gibi malzemelerden oluşan dolgu duvarlar ile kapatılmaktadır. mühendislik pratiğinde bu duvarlar çoğu zaman taşıyıcı olmayan mimari elemanlar olarak değerlendirilmekte ve yapısal analizlerde yalnızca kütle etkileriyle modeli dahil edilmektedir. Ancak, özellikle şiddetli yer hareketleri altında dolgu duvarların yapısal çerçeve ile etkileşime girdiği, sistemin rijitliğini, sünekliğini ve sönümleme kapasitesini önemli ölçüde değiştirdiği bilinmektedir [1], [2]. modern mimari tasarımlarda, binaların zemin katlarının ticari fonksiyonlar (mağaza, galeri, banka vb.) nedeniyle diğer katlara oranla daha yüksek tasarlanması yaygın bir uygulamadır. bu durum, yapının düşey doğrultudaki rijitlik dağılımında ani değişimlere yol açarak yumuşak kat düzensizliğini tetiklemektedir. yapılan çalışmalar, zemin kat yüksekliği artışının yapıyı önemli ölçüde esnekleştirdiğini ve doğal titreşim periyotlarını artırdığını göstermektedir [5]. özellikle bu katlarda dolgu duvarların bulunmaması veya üst katlara oranla daha az kullanılması, deprem yüklerinin zemin kat kolonlarında yoğunlaşmasına ve yapının ağır hasar almasına neden olmaktadır [3], [4]. dolgu duvarların bu olumsuz etkileri sınırlamadaki rolü, literatürde yaygın olarak kabul gören "Eşdeğer Basınç Çubuğu" yöntemiyle analiz edilmektedir. bu yöntemde, duvar panelleri sadece basınç yükü taşıyan diyagonal çubuklar olarak modellenerek çerçevenin yatay rijitliğine katkısı simüle edilir [6]. Araştırmalar, dolgu duvarların sisteme dahil edilmesiyle zemin kat yüksekliği fazla olan binalarda bile yer değiştirmelerin ve kat ötelemelerinin ciddi oranda sınırlandırılabileceğini ortaya koymaktadır [1], [5]. bu çalışma kapsamında, zemin kat yüksekliği 3m ve 5m olarak belirlenen 4 katlı betonarme bir binanın deprem davranışı, dolgu duvarların varlığı ve yokluğu durumları için karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Sap2000 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilen zaman tanım alanında doğrusal analizler aracılığıyla, zemin kat yüksekliği farkının ve dolgu duvar etkileşiminin mod periyotları, kat ötelemeleri ve taban kesme kuvvetleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

2. SAYISAL ANALİZ VE MODELLEME

2.1. Metodoloji

bu çalışma kapsamında, betonarme çerçeve sistemlerin dinamik karakteristiği üzerinde dolgu duvarların meydana getirdiği etkileşimi belirlemek amacıyla makro modelleme stratejisi tercih edilmiştir. taşıyıcı sistem ile dolgu duvarlar arasındaki mekanik ilişkiyi ve duvarların sistemin yanal rijitlik kapasitesinin sağladığı katkıyı sayısal olarak ifade edebilmek için, literatürde güvenilirliği test edilmiş ve uluslararası tasarım standartlarında (FEMA, TBDY 2018) [7],[8] önerilen "Eşdeğer Basınç Çubuğu " (Equivalent Diagonal Strut) yaklaşımı kullanılmıştır. bu modelleme tekniği uyarınca, duvar panelleri sadece eksenel basınç yükü taşıma kabiliyetini sahip diyagonal bir çubuk eleman olarak tanımlanmış. böylece dolgu duvarın çerçeve üzerindeki kısıtlayıcı ve rijitlik artıcı etkisi simüle edilmiştir.



Görsel 1. a. Eksenel basınçtan oluşabilecek çatlaklar b. Eşdeğer basınç çubuğu.

2.1. Eşdeğer Basınç Çubuğu Yöntemi

Çalışmada dolgu duvarlar, FEMA-356 [7] kriterlerine uygun olarak, yalnızca eksenel basınç taşıyan ve her iki ucu mafsallı diyagonal elemanlar şeklinde modellenmiştir. bu Eşdeğer Basınç Çubuğu yaklaşımında, duvarın yapısal sisteme kattığı rijitlik çerçevenin mekanik özelliklerine, malzeme parametrelerini ve panel geometrisine göre hesaplanmıştır. Çubuğun geometrik karakteristikleri, literatürde kabul gören denklem 1 ve denklem 2 kullanılarak belirlenmiştir.

$$\alpha = 0.175\,(\lambda_h \times h_{col})^{-0.4} \times r_{inf} \quad (1)$$

$$\lambda_h = \left[\frac{E_m \times t_{inf} \times \sin 2\theta}{4 \times E_{fc} \times I_{col} \times h_{_inf}}\right]^{1/4} \quad (2)$$

Burada:

α = Eşdeğer çubuğun genişliği,

h_{col} = Kiriş eksenleri arasında kalan Kolon yüksekliği,

λ_h = Düzlem içi rijitlik parametresi,

r_{inf} = Dolgu duvarın çapraz uzunluğu,

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

E_m= Dolgu duvarının elastisite modülü,

t_{inf} = Dolgu duvarı kalınlığı,

θ = Dolgu duvarın eğikliği (çapraz açı),

E_{fc} = Betonarme çerçevenin elastisite modülü,

I_{col} = Kolon kesitinin atalet momenti,

h_{inf} = Dolgu duvarının yüksekliği.

2.2 Model Tipleri ve Çalışmanın Kısıtları

Çalışmada, dolgu duvarların zemin kat yüksekliği ile olan etkileşimini ve bu durumun binanın dinamik karakteristiğine etkilerini incelemek amacıyla iki temel model grubu oluşturulmuştur. Bu modellerde kat adedi 4 olarak sabit tutulurken, değişken parametre olarak zemin kat yüksekliği (3 m ve 5 m) ile dolgu duvar mevcudiyeti (duvarlı ve duvarsız) esas alınmıştır. Sistem performansındaki değişimlerin sadece yükseklik ve duvar etkisine bağlanabilmesi için; kesit boyutları, malzeme özellikleri ve yükleme koşulları tüm modellerde sabit tutulmuştur. projede kullanılan malzemeler ve yapıya ait genel bilgiler çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Projede kullanılan malzemeler ve yapıya ait genel bilgiler.

Konum	Sakarya
Binanın Kullanım Amacı	Konut + İşyeri
Kat Sayısı	4
Zemin Kat Yüksekliği	3.0 m (Referans) / 5.0 m (Yüksek Zemin)
Kat Yükseklikleri	3.0 m
Beton Sınıfı	C25 (fck = 25 MPa)
Donatı Sınıfı	B420C $\left(f_{yk} = 420\ \text{MPa}\right)$
Kolon Kesiti	50 × 50 cm
Kiriş Kesiti	30 × 60 cm
Döşeme Kalınlığı	12 cm

Çizelge 1. Projede kullanılan malzemeler ve yapıya ait genel bilgiler (devamı).

Dolgu Duvar Kalınlığı	19 cm
Beton Birim Hacim Ağırlığı	25 kN/m³
Dolu Tuğla Duvar Birim Hacim Ağırlığı	19 kN/m³
Döşeme Kaplama Yükü	2.04 kN/m²
Hareketli Yük – Normal Katlar	2.0 kN/m²

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

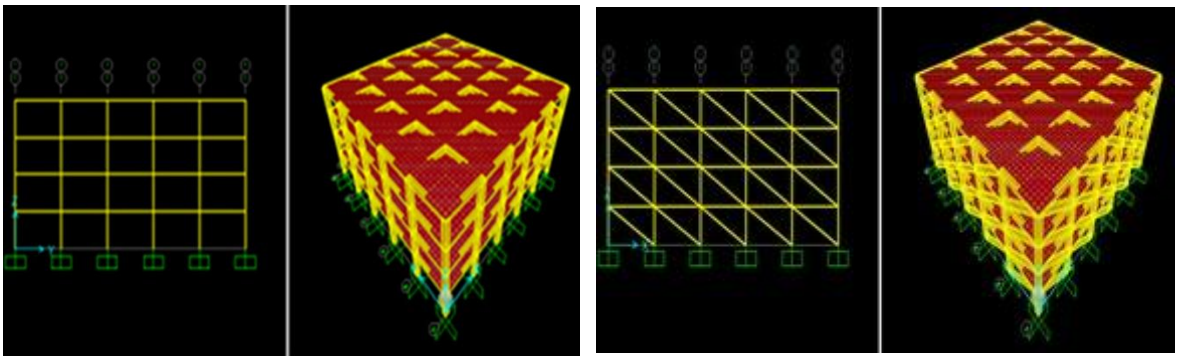
Hareketli Yük – Çatı Katı	1.5 kN/m²
Duvarsız Yapı için Kiriş Yükü:	12.93kN/m

Analizlerde, tüm açıklıklarda yer alan tuğla dolgu duvarların 19 cm kalınlığında olduğu ve herhangi bir kapı/pencere boşluğu içermediği (tam dolu panel) varsayılmıştır. Duvar malzemesinin elastisite modülü, literatürdeki benzer çalışmalarla uyumlu olacak şekilde 1000 MPa olarak belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalar neticesinde, modellerde kullanılan eşdeğer basınç çubuklarına ait karakteristik geometrik ve mekanik parametreler çizelge 2'de detaylandırılmıştır.

Çizelge 2. Eşdeğer basınç çubuklarına ait parametreler.

Kat Yükseklikleri (mm)	h (kolon) (mm)	L (inf) (mm)	h (inf) (mm)	r (inf) (mm)	Theta (Degree)	λ	Dolgu Duvar (mm)	Duvar Kalinlği (Mm)
3000	3000	4500	2400	5100	28.07249	0.0005695	720.3808325	190
5000	5000	4500	4400	6293.648	44.35625	0.000512658	755.8251573	190

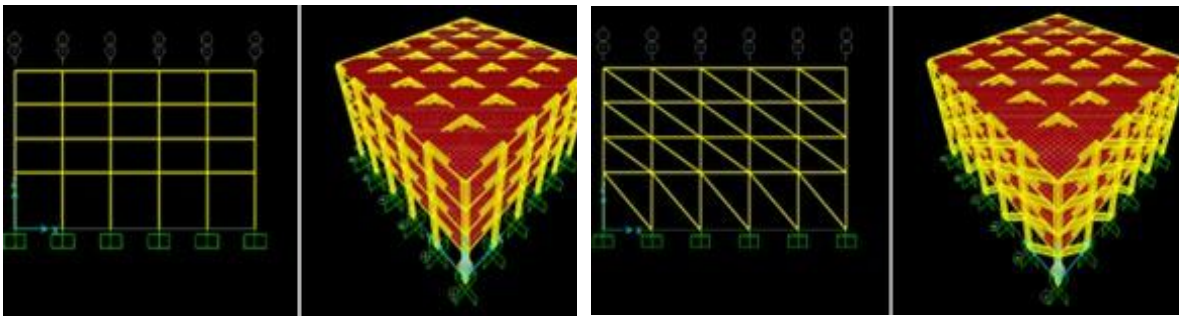
Çalışmada, 4 katlı betonarme bir yapının dinamik davranışı iki ana senaryo üzerinden incelenmiştir: zemin kat yüksekliğinin 3 m (referans) ve 5 m (yüksek zemin kat) olduğu modeller. Analizler, dolgu duvarların etkisini görmek amacıyla "Duvarsız (Çıplak) Çerçeve" ve FEMA-356 [7] standartlarına uygun "Eşdeğer Basınç Çubuklu" modeller üzerinde gerçekleştirilmiştir. Tüm senaryolarda normal kat yükseklikleri 3 m sabit tutularak zemin kat ve duvar etkileşimi karşılaştırılmıştır.



MODEL 1 MODEL 2

Görsel 2. 4 Katlı modeller (Model 1. Duvarsız, Model 2. Tam Dolgulu).

ISBN NR: 978-625-5694-76-8



MODEL 3 MODEL 4

Görsel 3. Zemin kat yüksekliği 5 m olan 4 katlı yapı modelleri (Model 3. Duvarsız, Model 4. Tam Dolgulu).

Binanın bulunduğu bölgeye ait deprem tehlike parametreleri, AFAD [9] tarafından sunulan Türkiye Deprem Tehlike Haritası İnteraktif Web Uygulaması kullanılarak elde edilmiştir. Yapı konumu sisteme tanımlanarak yerel zemin sınıfı ve hedeflenen deprem yer hareketi düzeyi belirlenmiştir. Bu kapsamda, standart tasarım depremi (DD-2) için temel spektral ivme parametreleri çizelge 3'te sunulmuştur.

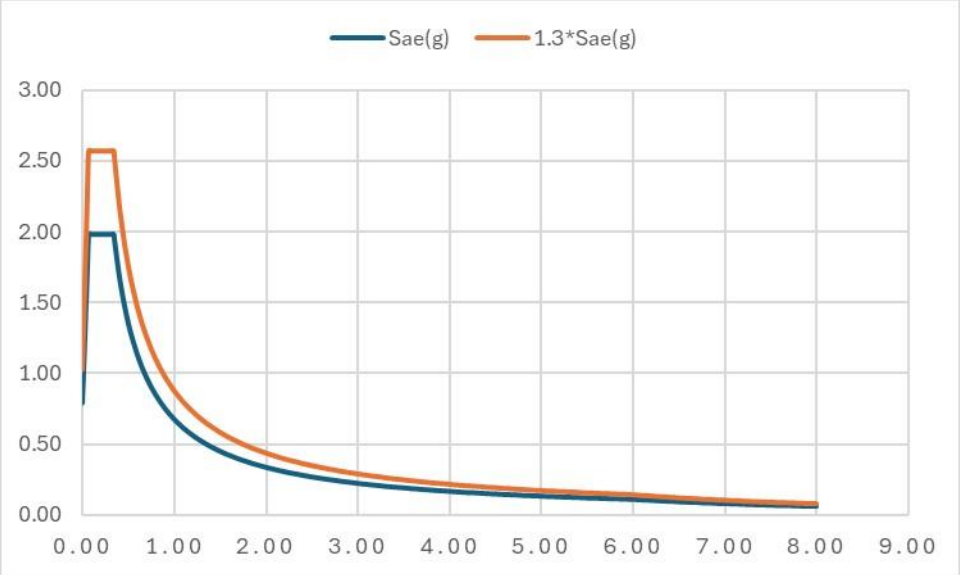
Çizelge 3. Deprem Tehlike Parametreleri (DD-2 Düzeyi).

Parametre	Değer	Açıklama
Yerel Zemin Sınıfı	ZC	Orta sert zemin
SS	1.65	Kısa periyot (0.2s) harita spektral ivme katsayısı
S1	0.452	1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı
F1	1.5	1.0 saniye periyot için zemin faktörü
SDS	1.98	Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
SD1	0.678	1.0 saniye tasarım spektral ivme katsayısı
PGA	0.671g	Yer ivme değeri
PGV	56.026 cm/s	Yer hız değeri

2.3. Deprem kayıtlarının seçilmesi ve ölçeklendirilmesi

Bu çalışmada kullanılan deprem yer hareketi kayıtları, belirlenen tasarım spektrumu ile uyumlu olacak şekilde seçilmiştir. Kayıtlar, AFAD [9] spektral ivme değerleri esas alınarak 1.3 ölçekleme katsayısı ile uyumlandırılmıştır (Görsel 4). Ölçeklendirme sonrasında yer hareketleri PEER [10] veri tabanı formatına dönüştürülmüş ve değerlendirmeye alınmıştır. Seçilen kayıtlar, TBDY 2018 [8] esaslarına uygun olarak, yapıların birinci mod periyotları dikkate alınarak 0.2T–1.5T periyot aralığında kontrol edilmiştir (Çizelge 4).

ISBN NR: 978-625-5694-76-8



Görsel 4. Orijinal ve ölçeklendirilmiş spektral ivme (Sae) grafik karşılaştırması.

Çizelge 4. Modellerin Periyot Değerleri.

Model	Mod Periyot (T)	0.2T	1.5T
Model 1	0.701	0.140	1.052
Model 2	0.113	0.023	0.170
Model 3	0.958	0.192	1.437
Model 4	0.118	0.024	0.177

Deprem kayıtlarının seçimi ve ölçeklendirilmesinde, Minimum Mean Square Error (MSE) yöntemi esas alınmıştır. Bu kapsamda, moment büyüklüğü 6.0–8.0 aralığında olan, uygun fay uzaklığı ve zemin koşullarını sağlayan deprem kayıtları PEER [10] veri tabanından seçilmiştir. Ölçeklendirme işlemleri, %5 sönüm oranı ve SRSS bileşeni dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada tüm yapı modelleri için aynı iki adet deprem kaydı kullanılmıştır. Bununla birlikte, her yapı modelinin dinamik özellikleri farklı olduğundan, ölçekleme katsayıları model bazında belirlenmiştir. Ölçekleme işlemleri, yapıların doğal titreşim periyotları dikkate alınarak, özellikle 0.2T–1.5T periyot aralığında tasarım spektrumu ile en iyi uyumu sağlayacak şekilde yapılmıştır. Seçilen deprem kayıtları çizelge 5'te, yapı modellerine ait ölçekleme katsayıları ise çizelge 6'da sunulmuştur.

Çizelge 5. Seçilen depremler.

No	Deprem Adı	Tarih	Mw	İstasyon	RSN Kodu
1	Imperial Valley-06	1979	6.53	Cerro Prieto	RSN164
2	Duzce_ Turkey	1999	7.14	IRIGM 487	RSN8164

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Çizelge 6. her bir yapı modeli için uygulanan deprem kayıtlarına ait ölçekleme katsayıları.

Deprem No	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
RSN164	3.23	5.8305	3.0324	5.8305
RSN8164	2.2514	3.7291	2.2485	3.7291

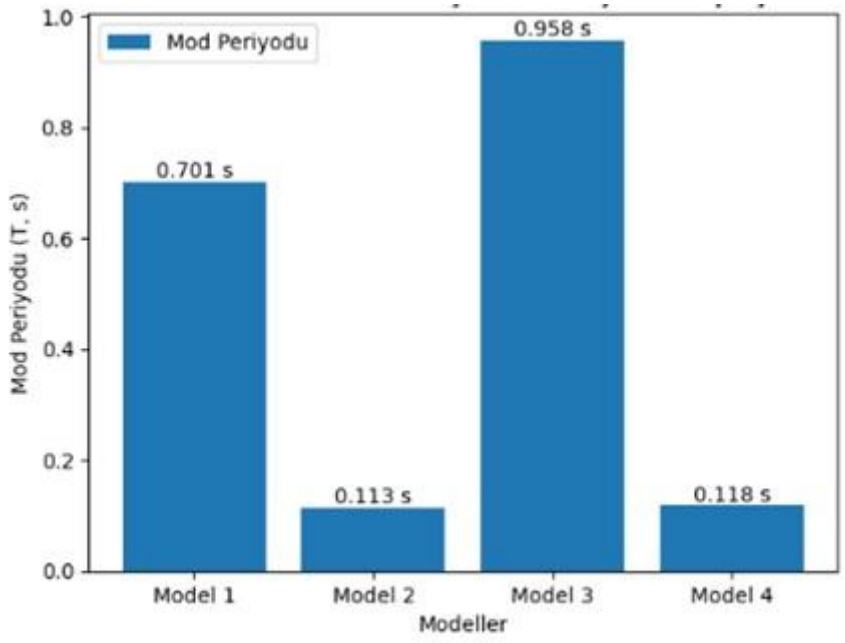
3. ANALİZ SONUÇLARI VE KARŞILAŞTIRMA

3.1. Mod Periyodu Değerlendirilmesi

Çizelge 7'de verilen sonuçlar, zemin kat yüksekliği artışının duvarsız modellerde yapıyı belirgin biçimde esnekleştirdiğini göstermektedir. Bu durumda mod periyodunun yaklaşık %36 oranında arttığı görülmüştür. Buna karşılık, dolgu duvarların modele dâhil edildiği modellerde, zemin kat yüksekliği 5 m olmasına rağmen mod periyotlarının düşük seviyelerde kaldığı ve yapının rijitliğini büyük ölçüde koruduğu belirlenmiştir. Bu durum, dolgu duvarların yapı rijitliğine olan katkısının, zemin kat yüksekliğine bağlı olumsuz etkileri önemli ölçüde sınırladığını ortaya koymaktadır.

Çizelge 7. Mod periyodu sonuçları.

Analiz Modeli	**Mod Periyodu (T, s)**
Model 1	0.701
Model 2	0.113
Model 3	0.958
Model 4	0.118



Görsel 5. Mod Periyodu Karşılaştırması.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

3.2. Yer Değiştirme Analizleri

Çizelge 8 ve Çizelge 9'da sırasıyla X ve Y doğrultuları için yapı modellerine ait maksimum kat yer değiştirme değerleri sunulmuştur. Her iki doğrultuda da duvarsız modellerde (M1 ve M3) kat seviyesinin artmasıyla birlikte yer değiştirmelerin belirgin şekilde arttığı görülmektedir. Buna karşılık, dolgu duvarlı modellerde (M2 ve M4) hem X hem de Y yönünde tüm katlarda yer değiştirmeler oldukça düşük seviyelerde kalmıştır. Özellikle yüksek zemin katlı modellerde dahi, dolgu duvarların sisteme sağladığı ilave rijitlik sayesinde yer değiştirmelerin duvarsız modellere kıyasla yaklaşık %98 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca, Y yönündeki yer değiştirmelerin X yönüne göre daha büyük değerler aldığı, ancak bu etkinin dolgu duvarlı modellerde büyük ölçüde sınırlandığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 8. X yönü yer değiştirmeleri (m).

Kat	**M1-D1**	**M1-D2**	**M2-D1**	**M2-D2**	**M3-D1**	**M3-D2**	**M4-D1**	**M4-D2**
4	-0.0125	0.0109	-3.2×10^{-5}	-1.7×10^{-5}	0.0093	0.0158	-2.0×10^{-4}	-1.0×10^{-4}
3	-0.0104	0.0093	-2.6×10^{-5}	1.4×10^{-5}	0.0084	0.0143	-2.0×10^{-4}	-1.0×10^{-4}
2	-0.0068	0.0063	-1.8×10^{-5}	1.0×10^{-5}	0.0068	0.0115	-1.0×10^{-4}	-1.0×10^{-4}
1 (Zemin)	-0.0027	0.0025	-0.9×10^{-5}	0.5×10^{-5}	0.0044	0.0075	-1.0×10^{-4}	-0.8×10^{-4}

Çizelge 9. Y yönü yer değiştirmeleri (m).

Kat	**M1-D1**	**M1-D2**	**M2-D1**	**M2-D2**	**M3-D1**	**M3-D2**	**M4-D1**	**M4-D2**
4	0.0205	-0.0101	-2.8×10^{-5}	-2.8×10^{-5}	-0.0227	-0.0150	-2.0×10^{-4}	-2.0×10^{-4}
3	0.0177	-0.0085	-2.2×10^{-5}	-2.3×10^{-5}	-0.0208	-0.0137	-2.0×10^{-4}	-1.0×10^{-4}
2	0.0123	-0.0061	-1.6×10^{-5}	-1.6×10^{-5}	-0.0171	-0.0111	1.0×10^{-4}	-1.0×10^{-4}
1 (Zemin)	0.0050	-0.0027	-0.8×10^{-5}	-0.8×10^{-5}	-0.0115	-0.0073	-1.0×10^{-4}	-0.9×10^{-4}

3.3 Göreli Kat Öteleme

Çizelge 10 ve Çizelge 11 incelendiğinde hem X hem de Y doğrultusunda duvarsız modellerde (M1 ve M3) göreli kat öteleme oranlarının kat seviyesinin artmasıyla belirgin şekilde yükseldiği görülmektedir. Buna karşılık, dolgu duvarlı modellerde (M2 ve M4) tüm katlarda göreli öteleme oranları oldukça düşük seviyelerde kalmış ve yönetmelik sınırlarının çok altında gerçekleşmiştir. Özellikle yüksek zemin katlı modellerde dahi, dolgu duvarların sağladığı ilave rijitlik sayesinde göreli kat ötelemelerinin yaklaşık %98 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca, Y yönünde elde edilen değerlerin X yönüne kıyasla daha büyük olduğu, ancak bu farkın dolgu duvarlı sistemlerde önemli ölçüde sınırlandığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 10. X-Yönü Göreli Kat Öteleme Oranları.

Kat	**M1-D1**	**M1-D2**	**M2-D1**	**M2-D2**	**M3-D1**	**M3-D2**	**M4-D1**	**M4-D2**
4	0.00070	0.00053	2.0×10^{-6}	1.0×10^{-6}	0.00030	0.00050	0.0	0.0
3	0.00120	0.00100	2.7×10^{-6}	1.3×10^{-6}	0.00053	0.00093	3.3×10^{-5}	0.0

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

2	0.00137	0.00127	3.0×10^{-6}	1.7×10^{-6}	0.00080	0.00133	0.0	6.6×10^{-6}
1 (Zemin)	0.00090	0.00083	3.0×10^{-6}	1.7×10^{-6}	0.00088	0.00150	2.0×10^{-5}	1.6×10^{-5}

Çizelge 11. Y-Yönü Göreli Kat Öteleme Oranları.

Kat	**M1-D1**	**M1-D2**	**M2-D1**	**M2-D2**	**M3-D1**	**M3-D2**	**M4-D1**	**M4-D2**
4	0.00093	0.00053	2.0×10^{-6}	1.7×10^{-6}	0.00063	0.00043	0.0	3.3×10^{-5}
3	0.00180	0.00080	2.0×10^{-6}	2.3×10^{-6}	0.00123	0.00087	3.3×10^{-5}	0.0
2	0.00243	0.00113	2.7×10^{-6}	2.7×10^{-6}	0.00187	0.00127	0.0	3.3×10^{-5}
1 (Zemin)	0.00167	0.00090	2.7×10^{-6}	2.7×10^{-6}	0.00230	0.00146	2.0×10^{-5}	1.8×10^{-5}

3.4. Taban Kesme Kuvvetleri

Taban kesme kuvveti sonuçları incelendiğinde, duvarsız modellerde (Model 1 ve Model 3) hem X hem de Y doğrultularında daha yüksek kuvvetlerin oluştuğu görülmektedir. Buna karşılık, dolgu duvarlı modellerde (Model 2 ve Model 4) taban kesme kuvvetleri her iki deprem senaryosunda da belirgin şekilde azalmıştır. Bu durum, dolgu duvarların yapı rijitliğini artırarak deprem etkilerinin yapıya daha etkin dağılmasını sağladığını göstermektedir. Ayrıca, Y doğrultusundaki taban kesme kuvvetlerinin X doğrultusuna kıyasla genel olarak daha büyük olduğu, ancak bu farkın dolgu duvarlı modellerde önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir.

Çizelge 12. Taban Kesme Kuvvetleri.

Deprem Senaryosu	**Model**	**X Yönü (kN)**	**Y Yönü (kN)**
D1	Model 1	1991.574	3718.899
D2	Model 1	1720.809	1761.071
D1	Model 2	165.882	145.279
D2	Model 2	98.489	116.722
D1	Model 3	1024.713	2489.878
D2	Model 3	1396.715	1168.812
D1	Model 4	954.145	860.217
D2	Model 4	754.409	707.866

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

4.GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, zemin kat yüksekliği ve dolgu duvarların betonarme yapıların deprem davranışı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Analiz sonuçları, zemin kat yüksekliğinin artmasının duvarsız modellerde yapıyı esnekleştirdiğini ve mod periyotlarını yaklaşık %36 oranında artırdığını göstermiştir. Buna karşılık, dolgu duvarlı modellerde zemin kat yüksekliği 5 m olmasına rağmen yapı rijitliğinin korunduğu belirlenmiştir. Yer değiştirme ve göreli kat öteleme sonuçları, dolgu duvarların yapıya sağladığı ilave rijitlik sayesinde deplasmanların duvarsız modellere kıyasla yaklaşık %98 oranında azaldığını ortaya koymuştur. Ayrıca, taban kesme kuvvetlerinin dolgu duvarlı modellerde belirgin şekilde düştüğü ve deprem etkilerinin daha dengeli dağıldığı gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, dolgu duvarların yapı modellerine dâhil edilmesi, deprem performansının doğru değerlendirilmesi açısından kritik öneme sahiptir**.**

KAYNAKLAR

1. Ozyurt, M. Z. & Almannaa, W., *Effect of modelling the infill wall as a strut element on the structure behaviour*, Journal of Radiation Research and Applied Sciences, 17, 100755, 2024.
2. Korkmaz, K. A., Demir, F. ve Sivri, M., *Earthquake Assessment of R/C Structures with Masonry Infill Walls*, International Journal of Science & Technology, 2(2), 155-164, 2007.
3. Demir, F., *Earthquake Response of Masonry Infilled Frames*, ECAS2002 International Symposium on Structural and Earthquake Engineering, Ankara, 2002.
4. Sukrawa, M., *Earthquake response of RC infilled frame with wall openings in low-rise hotel buildings*, Procedia Engineering, 125, 933-939, 2015.
5. Chethana, M. S., *Dynamic Analysis of Reinforced Concrete Framed Structures with Infill Wall*, IJSRD - International Journal for Scientific Research & Development, 3(9), 2015.
6. Mainstone, R. J., *On the stiffness and strength of infilled frames*, Proceedings of the Institution of Civil Engineers, 57-90, 1971.
7. Federal Emergency Management Agency (FEMA), *Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings (FEMA 356)*, Washington, DC: ASCE, 2000.
8. TBDY, *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği*, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, 2018.
9. https://www.afad.gov.tr Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD). (n.d.). Afet ve acil durum yönetimi başkanlığı. AFAD.
10. https://ngawest2.berkeley.edu Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER). (n.d.). PEER Ground Motion Database. PEER.
11. GÜZELCE, K., *Depremlerin Yapılarda Meydana Getirdiği Hasarlar Ve Takviye Yöntemleri*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 1999.
12. KARSLIOĞLU, Ö., *Çok Katlı Binalarda Bulunan Tuğla Dolgu Duvarların Yapı Davranışına Etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, 2005.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

13. Kasap, H., Özyurt, M., Z., Küçük, U., *Betonarme Yapılarda Perde Yeri Seçiminin Yapısal Davranışa Etkisinin İncelenmesi,* Natural Hazards And Disaster Management, 899-907, May, 2018.

14. Aktan, S. ve Kıraç, N., *Betonarme Binalarda Perdelerin Davranışa Etkileri*, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23 (1), 16-32, 2010.

15. ERTÜRKMEN, D. & ÇAĞATAY, İ. H., *Dolgu Duvarlı Yapılarda Yumuşak Kat ve Zayıf Kat Düzensizliklerinin İncelenmesi*, Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 31(2), 269–278, 2016.

16. DARCAN, C., *Mevcut Betonarme Binaların Performans Kriterlerine Göre Hesabı*, Lisans Üstü Tezi, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2005.

17. Loganantham, S. & Shanmugasundaram, M., *Seismic analysis on mezzanine flooring system*, International Journal of Civil Engineering and Technology, 2017.

18. SAP2000 V20, Structural Analysis Program, Computers and Structures Inc., Berkeley, 2019.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

FARKLI BİNA YÜKSEKLİKLERİNE SAHİP BETONARME BİNALARDA DOLGU DUVARLARIN DOĞRUSAL DİNAMİK DAVRANIŞ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

EFFECT OF INFILL WALLS ON THE LINEAR DYNAMIC BEHAVIOR OF REINFORCED CONCRETE BUILDINGS WITH DIFFERENT HEIGHTS

Yüksek Lisans Öğrencisi, Mohamed Abdirahman Afyare (Sorumlu Yazar)
Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
mohamed.afyare@ogr.sakarya.edu.tr - **ORCID:** 0009-0000-7406-7986

Doç. Dr., Muhammet Zeki ÖZYURT
Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
ozyurt@sakarya.edu.tr- **ORCID:**0000-0002-1593-4581

ÖZET

Betonarme binaların tasarımında dolgu duvarlar genellikle taşıyıcı olmayan mimari elemanlar olarak kabul edilmekte ve yapısal analiz modellerine dahil edilmemektedir. Ancak bu elemanlar, deprem yükleri altında yapının rijitlik ve dinamik karakteristiğini önemli ölçüde değiştirmektedir. Bu çalışma kapsamında, dolgu duvarların betonarme çerçeve sistemlerin doğrusal dinamik davranışı üzerindeki etkileri, 4 ve 8 katlı modeller üzerinden sap2000 yazılımı kullanılarak zaman tanım alanında analiz yöntemiyle incelenmiştir. Dolgu duvarlar, literatürde yaygın olarak kullanılan "eşdeğer basınç çubuğu" yöntemiyle modellenmiş ve elde edilen veriler duvarsız (çıplak çerçeve) modellerle karşılaştırılmıştır. Çalışma kapsamında dolgu duvarların; mod periyotları, yatay yer değiştirmeleri, kat ötelemeleri ve taban kesme kuvvetleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

Yapılan analizler sonucunda, dolgu duvarların sisteme rijitlik unsuru olarak dahil edilmesinin mod periyotlarını %84 ile %88 oranında düşürdüğü saptanmıştır. Bina yüksekliği arttıkça dolgu duvarların yapının dinamik karakteristiği üzerindeki baskın etkisinin daha belirgin hale geldiği gözlemlenmiştir. Bu rijitlik artışına bağlı olarak, yatay yer değiştirmelerin ve kat ötelemelerinin duvarsız modellere oranla %90 mertebesinde kısıtlandığı görülmüştür. Öte yandan, periyotlardaki azalmanın taban kesme kuvvetlerinde belirgin bir artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular, dolgu duvarların yapısal analizlerde ihmal edilmesinin binanın gerçek deprem davranışının hatalı tahmin edilmesine yol açabileceğini ve bu elemanların tasarım aşamasında dikkate alınmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: dolgu duvar, eşdeğer basınç çubuğu, zaman tanım alanı analizi, deprem, betonarme yapılar.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

ABSTRACT

In the design of reinforced concrete buildings, infill walls are generally considered as non-structural architectural elements and are excluded from structural analysis models. However, these elements significantly alter the stiffness and dynamic characteristics of the structure under earthquake loads. Within the scope of this study, the effects of infill walls on the linear dynamic behavior of reinforced concrete frame systems were investigated using 4 and 8-story models via Time History Analysis in SAP2000 software. Infill walls were modeled using the "Equivalent Compression Strut" method, which is widely used in the literature, and results were compared with bare frame models. The effects of infill walls on modal periods, displacements, story drifts, and base shear forces were evaluated.

As a result of the analysis, it was determined that the inclusion of infill walls as stiffness elements reduced the modal periods by 84% to 88%. It was observed that as the building height increased, the dominant effect of infill walls on the dynamic characteristics of the structure became more significant. Due to this increase in stiffness, it was found that horizontal displacements and story drifts were restricted by approximately 90% compared to bare frame models. On the other hand, it was determined that the decrease in periods caused a significant increase in base shear forces.

The findings reveal that neglecting infill walls in structural analysis can lead to an incorrect estimate of the actual earthquake behavior of the building and demonstrate the necessity of considering these elements as stiffness components during the design stage.

Keywords: Infill walls, Equivalent compression strut, Time history analysis, Earthquake, Reinforced concrete structures.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

1.GİRİŞ

Betonarme binaların tasarım ve analiz süreçlerinde dolgu duvarlar, genellikle sadece mimari bölücü elemanlar olarak görülmekte ve yapısal modellerde yanal rijitliğe katkıları ihmal edilmektedir [1]. Ancak, özellikle deprem yükleri altındaki yapı davranışını inceleyen çalışmalar, bu duvarların binanın dinamik karakteristiğini, doğal titreşim periyodunun ve enerji sönümleme kapasitesini önemli ölçüde değiştirdiğini ortaya koymaktadır [2]. Geleneksel çerçeve sistemler, dolgu duvarların etkisiyle diyagonal bir basınç çubuğu mekanizması oluşturarak bir kafes sistem gibi davranmaya başlar [3]. Bu durum, yapının başlangıç rijitliğini artırırken, deprem anında maruz kalınan taban kesme kuvvetlerinin de yükselmesine neden olmaktadır [4]. Literatürde dolgu duvarların etkisi üzerine yapılan araştırmalar, bu elemanların yapısal performansı hem olumlu hem de olumsuz yönde etkileyebileceğini göstermektedir. Dolgu duvarlar, bir yandan kat ötelemelerini sınırlandırarak yapısal hasarı azaltabilirken, diğer yandan zemin katta süreksiz bırakılmaları durumunda "yumuşak kat" düzensizliğine yol açarak ani göçme riskini artırabilmektedir [5,6]. Özellikle l'aquila ve kocaeli gibi yıkıcı depremlerden elde edilen saha gözlemleri, dolgu duvarların rijitlik katkısının doğru tahmin edilmemesinin yapının deprem performansının hatalı değerlendirilmesine yol açtığını kanıtlamıştır [7,8]. Dolgu duvarların yapısal modellerde temsil edilmesi için en yaygın kabul gören yaklaşım, literatürde “eşdeğer basınç çubuğu" (equivalent strut) olarak bilinen makro modelleme yöntemidir [9]. Bu yöntemde, duvarın çerçeve içindeki rijittik katkısı, sadece basınç yükü taşıyabilen diyagonal bir çubuk ile simüle edilmektedir. Yapılan çalışmalar, bu modelleme yaklaşımının deneysel sonuçlarla yüksek korelasyon gösterdiğini ve yapı periyotlarının tahmininde güvenilir sonuçlar verdiğini saptamıştır [10].

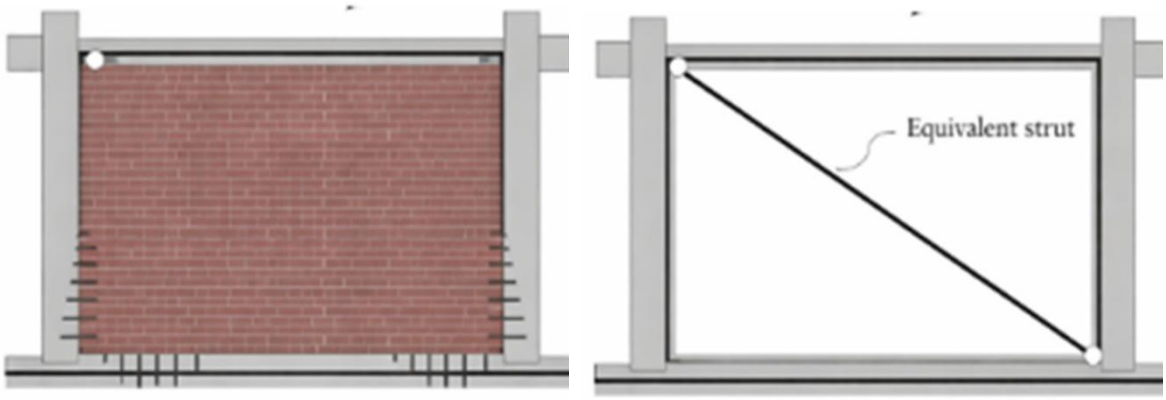
Bu çalışma kapsamında, farklı bina yüksekliklerine sahip (4 ve 8 katlı) betonarme binalarda dolgu duvarların yapısal davranış üzerindeki etkisi sap2000 yazılımı kullanılarak zaman tanım alanında analiz (time history analysis) yöntemiyle incelenmiş. Çalışmada, bina yüksekliğindeki artışın ve dolgu duvar varlığının; mod periyotları, maksimum yer değiştirmeler ve taban kesme kuvvetleri üzerindeki etkileri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiş, dolgu duvarların tasarım aşamasında rijitlik unsuru olarak dikkate alınmasının gerekliliği vurgulanmıştır.

2. SAYISAL ÇALIŞMA

2.1 Yöntem

Betonarme binaların sismik davranışının belirlenmesinde, dolgu duvarların yanal rijitliğe katkısını temsil etmek amacıyla makro modelleme yaklaşımı benimsenmiştir. Bu kapsamda, dolgu duvarlar literatürde ve tasarım kılavuzlarında yaygın olarak kabul gören "eşdeğer basınç çubuğu" yöntemi ile simüle edilmiştir.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8



a) b)

Görsel 1. dolgu duvarlı betonarme çerçeveler için (a) tam dolgu duvar modeli ve (b) eşdeğer basınç çubuğu (strut) modeli.

2.1. Eşdeğer Basınç Çubuğu Yöntemi

Çalışmada dolgu duvarların etkisi, FEMA-356 [11] standartları doğrultusunda, yalnızca eksenel basınç kuvveti taşıyabilen ve her iki ucu mafsallı diyagonal elemanlar olarak modele dahil edilmiştir. Eşdeğer basınç çubuğu geometrik özellikleri, çerçeve sisteminin rijitliğine, malzeme özelliklerine ve duvarın geometrisine bağlı olarak denklem 1 ve denklem 2 ile hesaplanmıştır.

$$\alpha = 0.175\,(\lambda_h \times h_{col})^{-0.4} \times r_{inf} \quad (1)$$

$$\lambda_h = \left[\frac{E_m \times t_{inf} \times \sin 2\theta}{4 \times E_{fc} \times I_{col} \times h_inf}\right]^{1/4} \quad (2)$$

Burada:

α = Eşdeğer çubuğun genişliği,

h_{col} = Kiriş eksenleri arasında kalan Kolon yüksekliği,

λ_h = Düzlem içi rijitlik parametresi,

r_{inf} = Dolgu duvarın çapraz uzunluğu,

E_m= Dolgu duvarının elastisite modülü,

t_{inf} = Dolgu duvarı kalınlığı,

θ = Dolgu duvarın eğikliği (çapraz açı),

E_{fc} = Betonarme çerçevenin elastisite modülü,

I_{col} = Kolon kesitinin atalet momenti,

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

h_{inf} = Dolgu duvarının yüksekliği.

2.2 Model Tipleri ve Çalışmanın Kısıtları

Bu çalışmada, dolgu duvarların bina yüksekliği ile etkileşimini ve dinamik davranış üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla iki farklı ana yapı grubu (4 katlı ve 8 katlı) ele alınmıştır. Her iki bina grubu için de taşıyıcı sistem kesitleri, malzeme özellikleri ve yükleme koşulları sabit tutulmuş, böylece elde edilen sonuçların doğrudan bina yüksekliği ve dolgu duvar varlığına bağlı olarak karşılaştırılması hedeflenmiştir. Projede kullanılan malzemeler ve yapıya ait genel bilgiler çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Projede kullanılan malzemeler ve yapıya ait genel bilgiler.

Konum	Sakarya
Binanın Kullanım Amacı	Konut + İşyeri
Kat Yükseklikleri	3.0 m
Yapı Plan Boyutları	X: 25 m, Y: 25 m
Beton Sınıfı	C25 (fck = 25 MPa)
Donatı Sınıfı	B420C
Kolon Kesiti	50 × 50 cm
Kiriş Kesiti	30 × 60 cm
Döşeme Kalınlığı	12 cm
Dolgu Duvar Kalınlığı	19 cm
Beton Birim Hacim Ağırlığı	25 kN/m³
Dolu Tuğla Duvar Birim Hacim Ağırlığı	19 kN/m³
Döşeme Kaplama Yükü	2.04 kN/m²
Hareketli Yük – Normal Katlar	2.0 kN/m²
Hareketli Yük – Çatı Katı	1.5 kN/m²
Duvarsız Yapı için Kiriş Yükü:	12.93kN/m

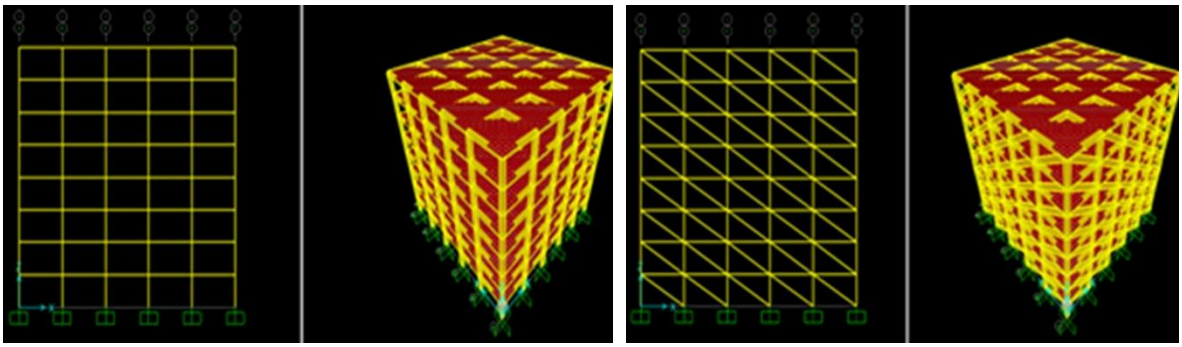
kalınlıkları t_{inf} = 19 cm olan tuğla duvarların tüm açıklarda herhangi bir boşluk içermediği kabul edilerek göz önüne alınmıştır. Dolgu duvar elastisite modülü 1000 MPa olarak kabul edilmiştir. Eşdeğer sanal basınç çubuklarına ait parametreler çizelge 2'de verilmiştir.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Çizelge 2. Eşdeğer basınç çubuklarına ait parametreler.

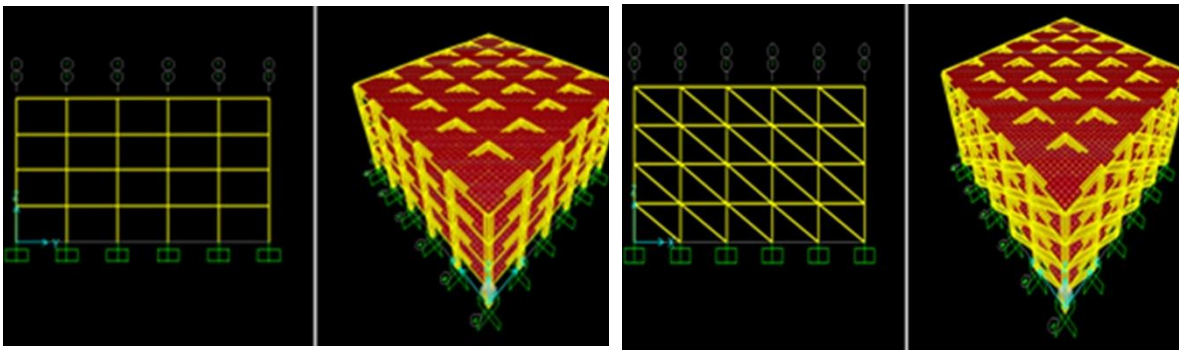
Kat Yükseklikleri (mm)	h (kolon) (mm)	L (inf) (mm)	h (inf) (mm)	r (inf) (mm)	Theta (Degree)	λ	Dolgu Duvar (mm)	Duvar Kalinlği (Mm)
3000	3000	4500	2400	5100	28.07249	0.0005695	720.3808325	190

Çalışmada kullanılan 4 ve 8 katlı yapıların modelleri görsel 2 ve 3'te sunulmuştur. Tüm kat yükseklikleri sabit 3 m olarak modellenmiştir. Yapılar, "duvarsız (çıplak) çerçeve" ve FEMA-356'ya uygun eşdeğer basınç çubuklu "tam dolgulu çerçeve" senaryoları üzerinden analiz edilmiştir.



Model 1 Model 2

Görsel 2. 8 Katlı modeller (model 1. Duvarsız, model 2. Tam Dolgulu).



Model 3 Model 4

Görsel 3. 4 Katlı modeller (Model 3. Duvarsız, Model 4. Tam Dolgulu).

Binanın yer aldığı bölgeyi ait deprem tehlike bilgileri, AFAD (afet ve acil durum yönetimi başkanlığı) [12] tarafından sunulan Türkiye deprem tehlike haritası interaktif web sitesi üzerinden elde edilmiştir. Bu uygulamalar aracılığıyla, yapının konumu seçilerek yerel zemin sınıfı ve hedeflenen deprem yer hareketi düzeyi belirlenmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda, ilgili bölge için standart tasarım deprem yer hareketine ait temel spektral ivme katsayıları aşağıdaki çizelge 3'te belirlenmiştir.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Çizelge 3. Deprem Tehlike Parametreleri (DD-2 Düzeyi).

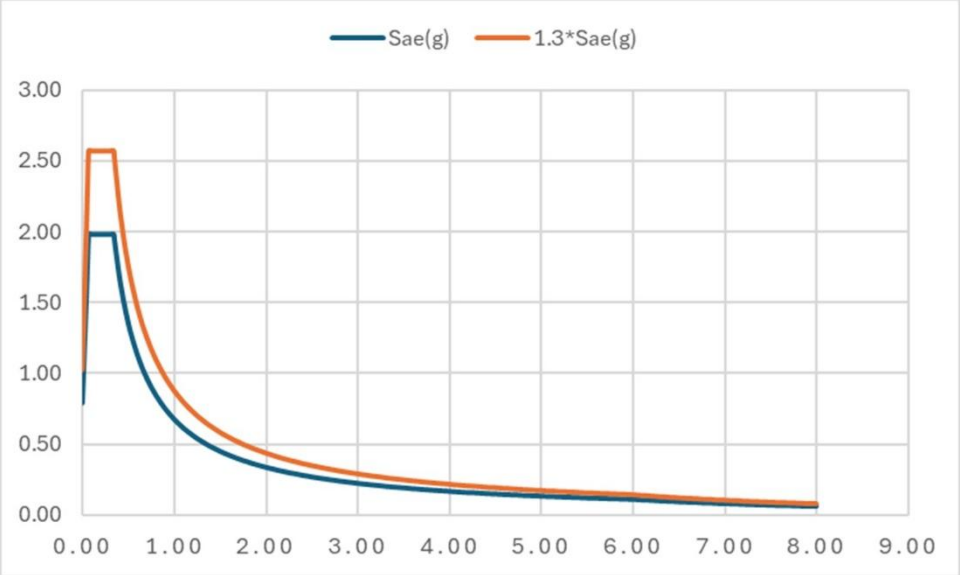
Parametre	**Değer**	**Açıklama**
Yerel Zemin Sınıfı	ZC	Orta sert zemin
SS	1.65	Kısa periyot (0.2s) harita spektral ivme katsayısı
S1	0.452	1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı
F1	1.5	1.0 saniye periyot için zemin faktörü
SDS	1.98	Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
SD1	0.678	1.0 saniye tasarım spektral ivme katsayısı
PGA	0.671g	Yer ivme değeri
PGV	56.026 cm/s	Yer hız değeri

2.3. Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklendirilmesi

Bu çalışmada kullanılan yer hareketi kayıtları, öncelikle AFAD [12] tarafından spektrumu ivme verileri temel alınarak değerlendirmiştir. Yapı için belirtilen tasarım spektrumu ile uyumlu hale getirilmesi amacıyla, elde edilen kayıtları 1.3 katsayı ile çarpılarak ölçeklendirilmiş ve uygun hale getirilmiştir (Görsel 4).

Ölçeklendirme işlemi sonrasında veriler, PEER (Pacific Earthquake Engineering Research) [13] veri tabanı formatına dönüştürülmüş ve bu platform yüklenmiştir. Seçilen deprem kayıtları, yapıların modal periyotları ile Türkiye bina deprem yönetmenliği (TBDY, 2018) [14] esas alınarak belirlenin ölçeklendirme periyotları olan 0.2 T ve 1.5 T aralıkları dikkate alınarak değerlendirilmiştir (Çizelge 4).

ISBN NR: 978-625-5694-76-8



Görsel 4. Orijinal ve ölçeklendirilmiş spektral ivme (Sae) grafik karşılaştırması.

Çizelge 4. Modellerin Periyot Değerleri.

Model	Mod Periyot (T)	0.2T	1.5T
Model 1	1.528	0.306	2.292
Model 2	0.178	0.036	0.267
Model 3	0.701	0.140	1.052
Model 4	0.113	0.023	0.170

Bu periyotlar, minimum mean Square Error (MSE) yöntemi ile ölçeklendirilmiş deprem kayıtlarının seçilmesinde kullanılmıştır. Seçilen kayıtlar, büyüklük aralığı 6.0–8.0, fay uzaklıkları ve zemin koşulları sınırlamaları göz önünde bulundurularak PEER [13] veri tabanından temin edilmiştir. Ölçeklendirme işlemi %5 sönüm oranı ve SRSS bileşeni esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada tüm yapı modelleri için aynı iki adet deprem kaydı seçilmiştir. Ancak, her bir yapı modelinin dinamik karakteristikleri farklılık gösterdiğinden dolayı, ölçekleme işlemi model özelinde gerçekleştirilmiştir. Bu farklılığın temel nedeni, her yapı modelinin kendi doğal titreşim periyotlarına (özellikle 0.2T ve 1.5T periyot aralıklarına) sahip olması ve bu periyotlara uygun olarak seçilen kayıtların tasarım spektrumuna en iyi uyumu sağlaması gereklidir. Seçilen depremler çizelge 5'te, her bir yapı modeli için uygulanan ölçekleme katsayıları ise çizelge 6'de Verilmiştir.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Çizelge 5. Seçilen depremler.

No	Deprem Adı	Tarih	Mw	İstasyon	RSN Kodu
1	Imperial Valley-06	1979	6.53	Cerro Prieto	RSN164
2	Duzce_ Turkey	1999	7.14	IRIGM 487	RSN8164

Çizelge 6. her bir yapı modeli için uygulanan deprem kayıtlarına ait ölçekleme katsayıları.

Deprem No	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
RSN164	3.0089	5.0785	3.23	5.8305
RSN8164	2.6201	3.2359	2.2514	3.7291

3. ANALİZ SONUÇLARI VE KARŞILAŞTIRMA

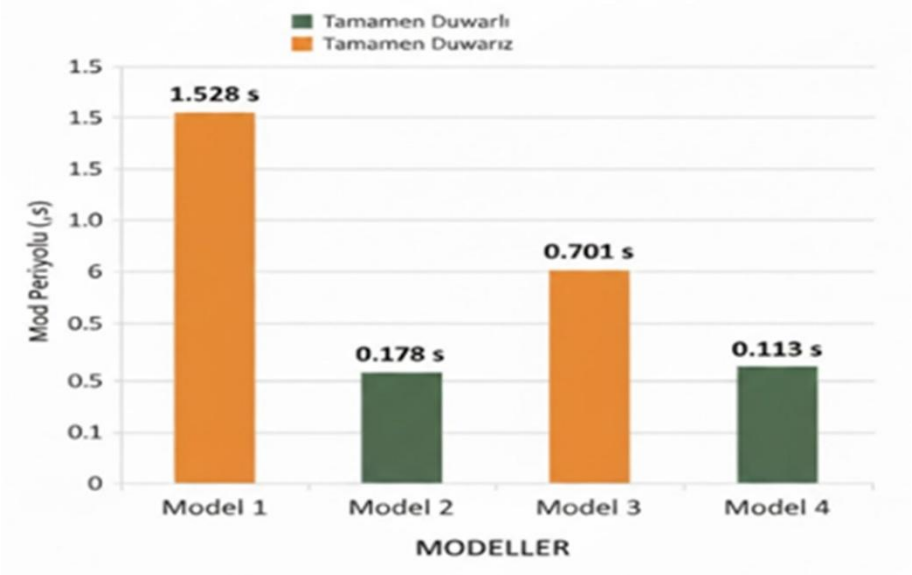
3.1 Mod Periyodu Değerlendirilmesi

Dolgu duvarların eşdeğer basınç çubuğu olarak modele dahil edilmesinin mod periyotları üzerindeki etkisi çizelge 7 ve görsel 5'te gösterilmektedir. Sonuçlar, dolgu duvarların sisteme katılmasıyla doğal titreşim periyotların 8 katlı yapıda %88.3, 4 katlı yapıda ise %83.8 oranında azaldığını ortaya koymaktadır. Bu durum, çıplak çerçeve kabullerinin yapısal ve rijitliği önemli ölçüde eksik tahmin ettiğini göstermektedir.

Çizelge 7. Mod periyodu sonuçları.

Analiz Modeli	**Mod Periyodu (T, s)**
Model 1	1.528
Model 2	0.178
Model 3	0.701
Model 4	0.113

ISBN NR: 978-625-5694-76-8



Görsel 5. Mod Periyodu Karşılaştırması.

3.2 Yer Değiştirmeler

Analiz sonuçları, her iki deprem senaryosunda da en büyük yer değiştirmelerin üstü katlarda meydana geldiğini göstermektedir. Dolgu duvar etkisini içeren modellerde (m2 ve m4), yer değiştirmelerin çıplak çerçeve modellere (m1 ve m2), kıyasla belirgin biçimde azaldığı görülmektedir. D2 deprem senaryosu genel olarak D1'e göre daha yüksek yer değiştirme talepleri oluşturmuştur. Özellikle 8 katlı modellerde bu fark daha belirgin olup, yapı yüksekliği arttıkça dolgu duvarların yatay rijitliğe katkısı daha kritik hale gelmektedir. 8 ve 4 katlı modellere ait her iki deprem senaryosundaki X yönü yer değiştirmeleri çizelge 8'de Y yönü yer değiştirmeleri ise çizelge 9'de sunulmuştur buna karşılık X ve Y yönlerindeki kat yer değiştirmelerinin karşılaştırmaları sırasıyla görsel 8 ve görsel 9'de gösterilmektedir.

Çizelge 8. X yönü yer değiştirmeleri (m).

Kat	M1-D1	M1-D2	M2-D1	M2-D2	M3-D1	M3-D2	M4-D1	M4-D2
8	0.0232	0.0247	0.0018	0.0018	–	–	–	–
7	0.0215	0.0233	0.0015	0.0016	–	–	–	–
6	0.0187	0.0205	0.0012	0.0014	–	–	–	–
5	−0.0158	−0.0183	0.0010	−0.0011	–	–	–	–
4	0.0139	−0.0156	0.0007	0.0008	−0.0125	0.0109	−3.2E−5	−1.7E−5
3	0.0113	−0.0117	0.0005	0.0006	−0.0104	0.0093	−2.6E−5	1.4E−5
2	0.0074	−0.0074	0.0003	0.0004	−0.0068	0.0063	−1.8E−5	0.9E−5
1	0.0029	−0.0031	0.0001	0.0002	−0.0027	0.0025	−0.9E−5	0.5E−5

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Çizelge 9. Y Yönü Yer Değiştirmeleri (m).

Kat	M1-D1	M1-D2	M2-D1	M2-D2	M3-D1	M3-D2	M4-D1	M4-D2
8	0.0279	−0.0291	0.0025	−0.0028	–	–	–	–
7	0.0266	−0.0271	0.0023	−0.0025	–	–	–	–
6	0.0242	−0.0237	0.0020	−0.0022	–	–	–	–
5	0.0212	−0.0192	0.0017	−0.0018	–	–	–	–
4	0.0180	0.0150	0.0013	−0.0015	0.0205	−0.0101	−2.7E−5	−2.8E−5
3	0.0138	−0.0117	0.0010	−0.0011	0.0177	−0.0085	−2.2E−5	−2.2E−5
2	0.0087	−0.0075	0.0006	−0.0007	0.0123	−0.0061	−1.5E−5	−1.5E−5
1	0.0033	−0.0030	0.0003	−0.0003	0.0050	−0.0027	−0.7E−5	−0.7E−5

3.3 Göreli Kat Öteleme

Analizler, her iki deprem senaryosunda da en büyük göreli kat ötelemelerinin üstü katlarda meydana geldiğini göstermektedir. Dolgu duvar etkisini içeren modellerde (m2 ve m 4), ötelemeler çıplak çerçeve modellere (m1 ve m 3), kıyasla belirgin biçimde azalmaktadır. Tüm modeller için göreli kat öteleme oranları, TBDY 2018'de [14] belirtilen sınır değer 0.008'in oldukça altında kalmıştır.

Çizelge 10. X-Yönü Göreli Kat Öteleme Oranları

Kat	M1-D1	M1-D2	M2-D1	M2-D2	M3-D1	M3-D2	M4-D1	M4-D2
8	0.00057	0.00047	0.00010	0.00007	–	–	–	–
7	0.00093	0.00093	0.00010	0.00007	–	–	–	–
6	0.00097	0.00073	0.00007	0.00010	–	–	–	–
5	0.00063	0.00090	0.00010	0.00063	–	–	–	–
4	0.00087	0.00130	0.00007	0.00007	0.00070	0.00053	0.00000	0.00002
3	0.00130	0.00130	0.00143	0.00007	0.00007	0.00120	0.00100	0.00000
2	0.00150	0.00143	0.00007	0.00007	0.00137	0.00127	0.00000	0.00001
1	0.00097	0.00103	0.00003	0.00007	0.00090	0.00083	0.00000	0.00002

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Çizelge 11. Y-Yönü Göreli Kat Öteleme Oranları

Kat	**M1-D1**	**M1-D2**	**M2-D1**	**M2-D2**	**M3-D1**	**M3-D2**	**M4-D1**	**M4-D2**
8	0.00043	0.00067	0.00007	0.00010	–	–	–	–
7	0.00080	0.00113	0.00010	0.00100	–	–	–	–
6	0.00100	0.00150	0.00010	0.00013	–	–	–	–
5	0.00107	0.00140	0.00013	0.00010	–	–	–	–
4	0.00140	0.00110	0.00010	0.00013	0.00093	0.00053	0.00000	0.00002
3	0.00170	0.00140	0.00013	0.00013	0.00180	0.00080	0.00000	0.00002
2	0.00180	0.00150	0.00010	0.00013	0.00243	0.00113	0.00000	0.00003
1	0.00110	0.00100	0.00010	0.00010	0.00167	0.00090	0.00000	0.00002

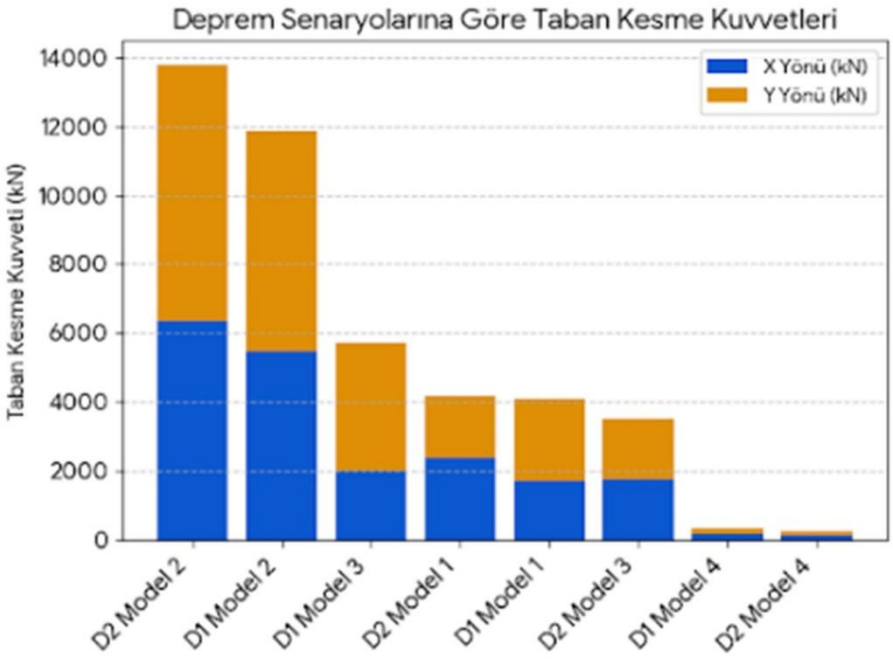
3.4. Taban Kesme Kuvvetleri

Taban kesme kuvveti sonuçlarına göre dolgu duvarların modeli dahil edilmesi yapı rijitliğini belirgin biçimde etkilemekte ve buna bağlı olarak taban kesme kuvvetleri duvarsız modellere kıyasla anlamlı düzeyde farklılık göstermektedir. 8 katlı yapılarda artan rijitlik nedeniyle taban kesme kuvvetlerinde artış gözlenirken, 4 katlı yapılarda yapının kısa periyot bölgesine geçmesi sonucunda taban kesme kuvvetlerinde azalma meydana gelmiştir.

Çizelge 12. Taban Kesme Kuvvetleri

Deprem Senaryosu	Model	X Yönü (kN)	Y Yönü (kN)
D1	Model 1	1700.85	2365.92
D2	Model 1	2360.51	1800.442
D1	Model 2	5479.57	6378.515
D2	Model 2	6356.31	7443.799
D1	Model 3	1991.57	3718.899
D2	Model 3	1720.81	1761.071
D1	Model 4	165.88	145.279
D2	Model 4	98.49	116.722

ISBN NR: 978-625-5694-76-8



Görsel 6. Taban Kesme Kuvvetleri.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, betonarme çerçeve yapılarda dolgu duvarların eşdeğer basınç çubuğu modeli ile analize dahil edilmesinin yapı davranışı üzerindeki etkileri incelenmiştir. 4 ve 8 katlı yapı modelleri, dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız olarak oluşturulmuş ve iki farklı deprem senaryosu altında değerlendirilmiş.

Elde edilen sonuçlar, dolgu duvarların yapının yatay rijitliğini önemli ölçüde artırdığını göstermektedir. Dolgu duvarların modeli dahil edilmesiyle doğal titreşim periyotları, 8 katlı yapıda yaklaşık %88 4 katlı yapıda ise yaklaşık %84 oranında azalmıştır. Bu bulgu, çıplak çerçeve kabullerinin yapı rijitliğini olduğundan düşük tahmin ettiğini ortaya koymaktadır.

Yer değiştirme ve göreli kat öteleme sonuçları incelendiğinde, dolgu duvarlı modellerde bu değerlerin çıplak çerçeve modelleri kıyasla büyük ölçüde azaldığı görülmüştür. Özellikle üst katlarda yer değiştirmelerin belirgin şekilde azaldığı ve göreli kat öteleme oranlarının tüm modeller için tbdy20108'de belirtilen sınır değerlerin oldukça altında kaldığı belirlenmiştir .

İse yaklaşık %84 oranında azalmıştır. Bu bulgu, çıplak çerçeve kabullerinin yapı rijitliğini olduğundan düşük tahmin ettiğini ortaya koymaktadır.

Taban kesme kuvvetleri açısından, dolgu duvarların etkisinin yapı yüksekliğine bağlı olarak farklılaştığı görülmüştür. 8 katlı yapılarda artan rijitlik nedeniyle taban kesme kuvvetlerinde belirgin artışlar meydana gelirken 4 katlı yapılarda yapının daha kısa periyot bölgesine geçmesi sonucunda taban kesme kuvvetlerinde azalma gözlenmiştir. bu durum, dolgu duvarların deprem kuvvetlerinin büyüklüğünü ve dağılımını yapı yüksekliğine bağlı olarak değiştirdiğini göstermektedir.

Sonuç olarak, dolgu duvarların betonarme yapıların deprem davranışı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu ve bu etkinin ihmal edilmesinin yapı davranışının gerçekçi biçimde temsil edilmesini zorlaştırdı görülmüştür. Bu nedenle, deprem analizlerinde dolgu duvar etkisinin

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

uygun modelleme yaklaşımlarıyla dikkati alınması, yapı güvenliğinin doğru şekilde değerlendirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

1. Bayülke, N., *Betonarme Yapının Dolgu Duvarı*, Türkiye Mühendislik Haberleri (TMH), Sayı: 425, 2003.
2. Paulay, T. and Priestley, M. J. N., *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*, John Wiley & Sons, New York, 1992.
3. Smith, B. S. and Carter, C., *A method of analysis for infilled frames*, Proceedings of the Institution of Civil Engineers, 44(1), 31-48, 1969.
4. Davis, R., Krishnan, P., Menon, D. and Prasad, A. M., *Effect of Infill Stiffness on Seismic Performance of Multi-storey RC Framed Buildings in India*, 13th World Conference on Earthquake Engineering, Paper No: 1198, 2004.
5. Mondal, G. and Jain, S. K., *Lateral Stiffness of Masonry Infilled Reinforced Concrete (RC) Frames with Central Opening*, Earthquake Spectra, 24(3), 701-723, 2008.
6. Gunay, M. S., *A Practical Guide to Nonlinear Static Analysis of Reinforced Concrete Buildings with Masonry Infill Walls*, University of California, Berkeley, 2013.
7. Trombetti, T., Gasparini, G., Landi, L. and Silvestri, S., *A case study of a building in L'Aquila, Italy for evaluating the effects of masonry infills*, DISTART University of Bologna, 2010.
8. Saatcioglu, M. et al., *The August 17, 1999, Kocaeli (Turkey) earthquake — damage to structures,* Canadian Journal of Civil Engineering, 28(4), 715-737, 2001.
9. Madan, A., Reinhorn, A. M., Mander, J. B. and Valles, R. E., *Modeling of Masonry Infill Panels for Structural Analysis*, Journal of Structural Engineering, 123(10), 1295-1302, 1997.
10. Deshmukh, R. A. and Pajgade, P. S., *A Study of Effect of Infill Material on Seismic Performance of RC Buildings*, International Journal of Engineering Sciences & Research Technology, 4(1), 2015.
11. Federal Emergency Management Agency (FEMA), *Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings (FEMA 356)*, Washington, DC: ASCE, 2000.
12. https://www.afad.gov.tr Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD). (n.d.). Afet ve acil durum yönetimi başkanlığı. AFAD.
13. TBDY, *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği*, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, 2018.
14. https://ngawest2.berkeley.edu Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER). (n.d.). PEER Ground Motion Database. PEER.
15. Kasap, H., Özyurt, M., Z., Küçük, U., *Betonarme Yapılarda Perde Yeri Seçiminin Yapısal Davranışa Etkisinin İncelenmesi*, Natural Hazards And Disaster Management, 899-907, May, 2018.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

16. ERTÜRKMEN, D., & ÇAĞATAY, İ. H., *Dolgu Duvarlı Yapılarda Yumuşak Kat ve Zayıf Kat Düzensizliklerinin İncelenmesi*, Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 31(2), 269–278, 2016. https://doi.org/10.21605/cukurovaummfd.310297 (Erişim tarihi: 29.01.2026)

17. KARSLIOĞLU, Ö., Çok Katlı *Binalarda Bulunan Tuğla Dolgu Duvarların Yapı Davranışına Etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, 2005.

18. Loganantham, S. & Shanmugasundaram, M., *Seismic analysis on mezzanine flooring system*, International Journal of Civil Engineering and Technology, 2017.

19. Aktan, S. ve Kıraç, N., *Betonarme Binalarda Perdelerin Davranışa Etkileri*, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23 (1), 16-32, 2010.

20. DARCAN, C., *Mevcut Betonarme Binaların Performans Kriterlerine Göre Hesabı*, Lisans Üstü Tezi, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2005.

21. GÜZELCE, K., *Depremlerin Yapılarda Meydana Getirdiği Hasarlar Ve Takviye Yöntemleri,* Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 1999.

22. SAP2000 V20, *Structural Analysis Program*, Computers and Structures Inc., Berkeley, 2019.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF INFILL WALL–FRAME INTERACTION ON THE SEISMIC PERFORMANCE OF REINFORCED CONCRETE BUILDINGS WITH MEZZANINE FLOORS

ASMA KATLI BETONARME BİNALARDA DOLGU DUVAR–ÇERÇEVE ETKİLEŞİMİNİN SİSMİK PERFORMANS ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Yüksek Lisans Öğrencisi, Mohamed Hussein Ahmed (Sorumlu Yazar)

Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,

mahamedhusseinahmed444@gmail.com - **ORCID:**0009-0002-6176-850X

Doç. Dr., Muhammet Zeki ÖZYURT

Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,

ozyurt@sakarya.edu.tr- **ORCID:**0000-0002-1593-4581

ABSTRACT

This study investigates the effects of removing ground-storey infill walls on the dynamic response and structural irregularities of reinforced concrete buildings with mezzanine floors by explicitly considering infill wall stiffness contribution and frame-wall interaction. A four-storey reinforced concrete building with a mezzanine floor at the ground storey is selected as the reference structure, based on the seismic hazard parameters defined for the Avcılar district of İstanbul. Two different structural models are developed within the scope of the study. In the first model, masonry infill walls are included at all storeys and modeled as interacting elements with the reinforced concrete frame using the equivalent diagonal strut approach. In the second model, infill walls are removed at the ground storey while remaining present in the upper storeys. The seismic behavior of both models is evaluated using nonlinear time-history analyses with a selected real earthquake ground motion record. Comparisons are limited to global and irregularity-based response parameters. Natural vibration periods, maximum base shear forces, interstorey drift ratios, roof displacements, as well as soft-storey and torsional irregularity indices are examined. The results indicate that removing ground-storey infill walls leads to a significant reduction in the lateral stiffness, resulting in elongated natural periods and increased displacement demands. In particular, interstorey drift and torsional irregularity indices increase markedly in the bare-frame model, exceeding the limit values specified in the Turkish Building Earthquake Code (TBEC-2018). Overall, the findings demonstrate that infill walls play a crucial role in governing the global dynamic behavior and irregularity formation of reinforced concrete buildings with mezzanine floors. Therefore, infill walls should be considered as essential structural components rather than merely architectural elements in both seismic assessment and design practices.

Keywords: Mezzanine floor, Infill walls, Frame-wall interaction, Nonlinear time-history analysis, Turkish Building Earthquake Code (TBEC – 2018)

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

ÖZET

Bu çalışmada, zemin katında asma kat bulunan betonarme binalarda dolgu duvarların rijitlik katkısı ve çerçeve-duvar etkileşimi dikkate alınarak, zemin katta dolgu duvarların kaldırılmasının yapının dinamik tepkileri ve yapısal düzensizlikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu amaçla, İstanbul-Avcılar bölgesi için tanımlanan deprem tehlike parametreleri esas alınarak dört katlı, zemin katı asma katlı bir betonarme yapı modeli ele alınmıştır. Çalışma kapsamında iki farklı yapı modeli oluşturulmuştur. Birinci modelde dolgu duvarlar tüm katlarda eşdeğer basınç çubuğu yaklaşımı ile çerçeve sistemle etkileşimli olarak modellenmiştir. İkinci modelde ise zemin katta dolgu duvarlar kaldırılmış, üst katlarda dolgu duvarların varlığı korunmuştur. Yapıların sismik davranışı, seçilen gerçek deprem ivme kaydı kullanılarak doğrusal olmayan zaman tanım alanı analizleri ile değerlendirilmiştir. Karşılaştırmalar yalnızca global ve düzensizlik temelli büyüklükler üzerinden yapılmıştır. Bu kapsamda doğal titreşim periyotları, maksimum taban kesme kuvvetleri, göreli kat ötelenmeleri, tepe deplasmanları ile yumuşak kat ve burulma düzensizliği göstergeleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, zemin katta dolgu duvarların kaldırılmasının yapının yanal rijitliğini azalttığını, doğal titreşim periyotlarını uzattığını ve özellikle göreli kat ötelenmeleri ile burulma düzensizliği taleplerini belirgin biçimde artırdığını göstermiştir. Ayrıca, dolgu duvarsız modelde TBDY 2018'de tanımlanan düzensizlik sınır değerlerinin aşıldığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, dolgu duvarların yalnızca mimari elemanlar olarak değil, asma katlı betonarme binalarda global dinamik davranışı ve düzensizlik oluşumunu belirleyen önemli yapısal bileşenler olarak değerlendirilmesi gerektiği ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Asma kat, Dolgu duvar, Çerçeve-duvar etkileşimi, Zaman tanım alanı analizi, TBDY 2018

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

1. INTRODUCTION

1.1. Problem Definition

A significant portion of multi-storey reinforced concrete buildings in Turkey are constructed as mixed-use structures, where the ground storey is utilized for commercial purposes. In such buildings, mezzanine floors are frequently introduced at the ground storey level to increase usable space, and masonry infill walls at this level are often partially or completely removed due to architectural and functional requirements. While infill walls are generally preserved in the upper storeys, their removal at the ground storey leads to a pronounced alteration in the vertical distribution of stiffness, creating critical conditions for the development of seismic irregularities.

Although infill walls are traditionally regarded as non-structural elements in conventional design approaches, they interact with reinforced concrete frames under seismic loading and significantly influence lateral stiffness, internal force distribution, and dynamic characteristics of buildings. In particular, when infill walls are modeled using the equivalent diagonal strut approach, they provide substantial stiffness contribution to the frame system. An irregular distribution of this contribution along the building height may trigger soft-storey and torsional irregularities. In buildings with mezzanine floors, these effects become more pronounced at the ground storey level.

Field observations from past earthquakes indicate that reinforced concrete buildings containing mezzanine floors and having infill walls removed at the ground storey may exhibit more unfavorable seismic behavior than expected. The significant reduction in ground-storey stiffness compared to the upper storeys causes concentration of inter-storey drifts at this level, increasing the damage potential of structural members. Despite this, studies that systematically investigate the removal of ground-storey infill walls in mezzanine-integrated reinforced concrete buildings—considering frame—wall interaction and stiffness contribution—remain limited in the literature.

In this context, investigating the effects of the presence or absence of ground-storey infill walls on the dynamic responses and structural irregularities of reinforced concrete buildings with mezzanine floors, while explicitly accounting for stiffness contribution and frame—wall interaction, constitutes an important engineering problem for both assessment of existing building stock and improvement of future design approaches.

1.2. Related Studies in The Literature

The seismic behavior of reinforced concrete buildings with mezzanine floors in mixed-use configurations has been examined by numerous researchers particularly in the context of infill wall stiffness contribution and frame—wall interaction. (Ulutaş, 2024) reported that certain assumptions permitted by TBEC-2018 may allow the formation of soft and weak storey in mezzanine-integrated buildings, and that discontinuities in infill walls significantly amplify these irregularities. (Işık et al., 2023) emphasized that mezzanine floors and band windows induce short-column mechanisms which under infill wall—frame interaction, increase inter-storey drifts and shear demands. (Demirbaş & Şahin, 2018) demonstrated that beam discontinuities associated with mezzanine arrangements intensify torsional demands and cause non-uniform stiffness distribution due to infill wall contributions. (S. Loganantham & Dr. M. Shanmugasundaram, 2017) showed that the vertical position of mezzanine floors within a storey significantly affects dynamic behavior, and that frame-wall interaction plays a dominant role in modifying natural vibration periods. (IŞIK et al., 2022) reported that slab discontinuities and infill wall openings reduce frame stiffness and amplify seismic irregularity indicators. Field

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

investigations by (Koç & Tuhta, 2012) revealed that the removal of infill walls in commercial ground storey of mezzanine-integrated buildings eliminates frame-wall interaction, leading to severe structural damage during earthquakes. Studies focusing specifically on the structural effects of infill walls further highlight their importance. (Uysal, 2013) demonstrated that modeling infill walls using the equivalent diagonal strut approach enables more realistic estimation of frame stiffness and natural vibration periods. (ATEŞ, 2023) showed that variations in ground-storey height significantly amplify soft-storey and torsional irregularities through infill wall-frame interaction, particularly when infill wall discontinuities occur at the ground storey. Similar conclusions were drawn by other researchers, emphasizing that neglecting infill wall stiffness contribution leads to underestimation of seismic demands.

Overall, the literature clearly indicates that infill wall stiffness contribution and frame-wall interaction play a decisive role in the dynamic behavior and irregularity formation of reinforced concrete buildings with mezzanine floors. However, studies that comprehensively compare natural vibration periods, base shear forces, inter-storey drifts, roof displacements, and soft-storey and torsional irregularities—specifically focusing on ground-storey infill wall discontinuity modeled via the strut approach—remain limited. The present study aims to address this gap.

1.3. Objective and Scope of The Study

The primary objective of this study is to investigate the effects of removing ground-storey infill walls on the dynamic responses and structural irregularities of reinforced concrete buildings with mezzanine floors, while explicitly accounting for infill wall stiffness contribution and frame—wall interaction. For this purpose, a four-storey reinforced concrete building with a mezzanine floor at the ground storey is considered, based on the seismic hazard parameters defined for the Istanbul-Avcılar region (ZD, DD2, SDS = 1.123, SD1 = 0.579).

Within the scope of the study, two different structural models are developed. In the first model, infill walls are included at all storeys and modeled as interacting elements with the reinforced concrete frame. In the second model, infill walls are removed at the ground storey, while remaining present in the upper storeys. The structural effects of infill walls are represented using the equivalent diagonal strut approach, allowing direct incorporation of stiffness contribution and frame-wall interaction into the analysis.

The seismic behavior of the buildings is evaluated using nonlinear time-history analysis based on selected real earthquake ground motion records. Comparisons are limited to global and irregularity-based response parameters, namely natural vibration periods, maximum base shear forces, inter-storey drift ratios, roof displacements, soft storey irregularity indices, and torsional irregularity indices. Performance levels and damage-based assessments are intentionally excluded. This approach enables a clear and consistent evaluation of the influence of the ground- storey infill wall discontinuity on the global dynamic behavior and irregularity characteristics of reinforced concrete buildings with mezzanine floors.

2. DESCRIPTION OF THE STRUCTURE AND MODELING APPROACH

In this study, a four-storey reinforced concrete building with a mezzanine floor located at the ground storey is considered as the reference structural system. The building is assumed to be located in the Avcılar district of Istanbul, and the seismic hazard parameters are defined in accordance with this location. The design earthquake level is taken as DD2 with local site class ZD, and the spectral acceleration coefficients are specified as SDS = 1.123 and SD1 = 0.579.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

The geographical coordinates of the building are defined as latitude 41.024692 and longitude 28.718924.

The structural system has a regular plan configuration with four bays in both the X and Y directions. The Bay lengths are taken as 5 m in each direction, resulting in a square plan with overall dimensions of 20 m × 20 m. The ground storey, including the mezzanine level, is modeled with a total height of 5.0 m, where 2.5 m corresponds to the ground storey and 2.5 m to the mezzanine floor. Above the ground storey, three typical storeys are considered, each having a storey height of 3.0 m, leading to a total building height of 14 m.

The lateral load-resisting system consists of high-ductility reinforced concrete moment-resisting frames. The behavior factor and overstrength factor are taken as R = 8 and D = 3, respectively. The vertical load assumptions include an equivalent surface load of 0.4 kN/m² representing the contribution of exterior and interior infill walls. The imposed live load is assumed as 2.0 kN/m² for typical floors and 0.75 kN/m² for the roof level, while a uniform dead load of 2.04 kN/m² is assigned to account for floor finishes. All vertical loads are applied as uniformly distributed loads to the structural elements.

The structural members are modeled using reinforced concrete frame elements. Column sections are defined as 40 × 40 cm, beam sections as 30 × 50 cm, and floor slabs are modeled as 15 cm thick solid slabs. The material properties correspond to C25 concrete and B420C reinforcing steel. Longitudinal reinforcement is defined as 8ϕ16 bars in columns in each principal direction, while beams are reinforced with 2ϕ16 bars at the top and 3ϕ16 bars at the bottom, while transverse reinforcement is modeled as ϕ8 stirrups with a spacing of 10 cm for all structural members.

The numerical models and the analysis procedures are developed using the SAP2000 software, which enables three-dimensional structural modeling and nonlinear analysis capabilities. Two different structural configurations are considered in the study. In the first configuration, infill walls are included at all storeys and modeled as interacting elements with the reinforced concrete frame. In the second configuration, infill walls are removed at the ground storey, while they remain present in the upper storeys. The structural contribution of infill walls is represented using the equivalent diagonal strut approach, allowing the stiffness contribution and frame-wall interaction to be directly incorporated into the analysis.

The seismic response of the building is evaluated using nonlinear time-history analysis. For this purpose, the acceleration record of the 1964 Alaska earthquake is selected from the PEER Ground Motion database, ensuring compatibility with the required seismic intensity level. The scaling was performed within the period range of 0.2T–1.5T in accordance with common practice. Prior to scaling, the selected ground motion record was processed using the SeismoSignal software, where only baseline correction was applied and no filtering that could alter the frequency content was performed. The integrity of the signal is verified by comparing the uncorrected and corrected acceleration histories. Subsequently, a simple scaling procedure commonly adopted in the literature is employed by matching the elastic response spectrum of the record to the target design spectrum. The resulting scale factor is calculated as 1.772 and directly applied to the acceleration record in SAP2000 for nonlinear time-history analysis.

The structural behavior is assessed based on global and irregularity-related response parameters, including natural vibration periods, maximum base shear forces, inter-storey drift ratios, roof displacements, soft storey irregularity indices, and torsional irregularity indices. The differences between the two structural configurations are evaluated comparatively using these response quantities. The layout of the formwork plans of the analyzed structures is presented in Figure 1. The formwork plans corresponding to the Bare-Frame Model (a) and

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Infill-Wall Model (b) conditions of the structures are given in Figure 2. The three-dimensional views of the structural models considered in the analysis for the Infill-Wall Model (a) and Bare-Frame Model (b) cases are shown in Figure 3.

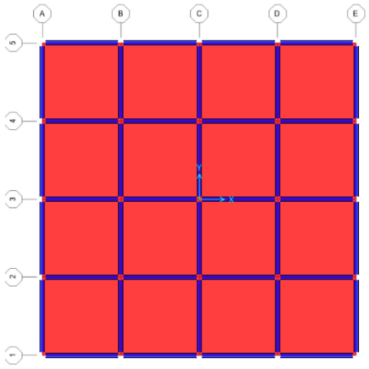
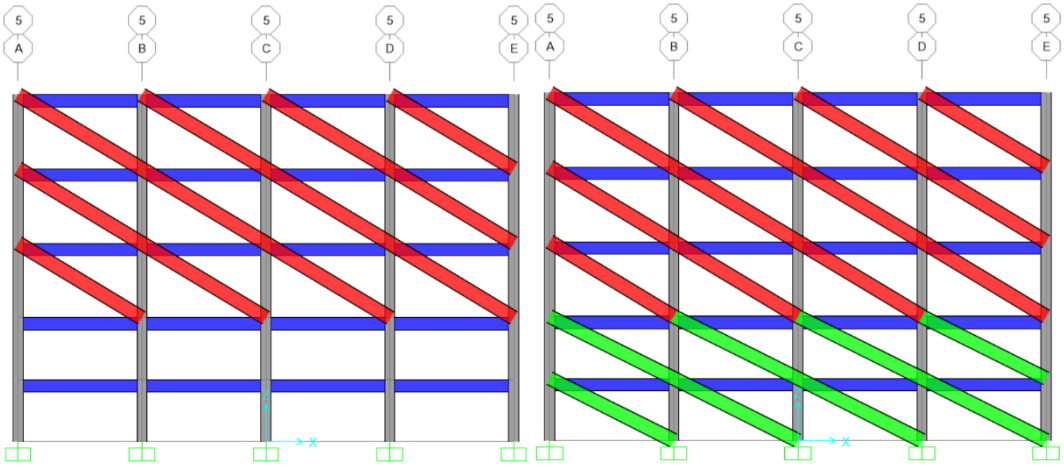
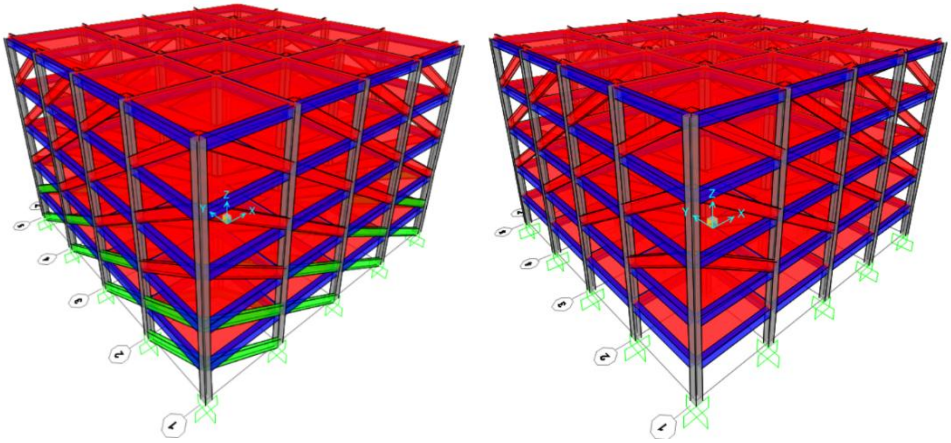


Figure 1. Layout Of The Formwork Plans Of The Analyzed Structures



(a) (b)

Figure 2. Formwork Plans Of The Analyzed Structures In Cases Without Infill Wall (a) And With Infill Wall (b)



(a) (b)

Figure 3. 3D Views Of The Analyzed Structural Models With Infill Walls (a) And Without Infill Walls (b)

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

3.1. Comparative Analysis of Modal Characteristics

Within the scope of this study, the modal analysis results obtained for two structural models-namely, the infill wall model, in which infill walls are modeled considering frame-wall interaction, and the infill-free model, in which infill walls at the ground storey are removed-are evaluated comparatively. The natural periods and dominant vibration directions of the first three modes obtained from the modal analysis are presented in Table 1.

Table 1. Natural Vibration Periods And Dominant Vibration Directions Obtained From The Modal Analysis

Model Name	Variables		Period (s)
	mode	D	
Infill-Wall Model	1	X=Y	0.543205
	2	X=Y	0.542683
	3	Z	0.468156
Bare-Frame Model	1	X=Y	0.633408
	2	X=Y	0.633105
	3	Z	0.550056

For the infill wall model, it is observed that the first and second modes exhibit dominant translational behavior in the X and Y directions, while the third mode is characterized by torsional behavior. The fundamental natural period of this model is approximately 0.543 s The similar magnitude of the second-mode period indicates a balanced distribution of lateral stiffness in the plan layout. The reduction of the third-mode period to 0.468 s suggests that torsional effects manifest with a relatively stiffer structural response.

In contrast, a notable increase in the periods of the first and second modes is observed in the infill-free model. The fundamental natural period increases to 0.633 s, with a comparable increase in the second-mode period. The third-mode period of 0.550 s further indicates a reduction not only in lateral stiffness but also in torsional stiffness due to the removal of infill walls. This increase in modal periods clearly demonstrates that incorporating infill walls into the structural system through the equivalent diagonal strut model significantly enhances the global stiffness of the frame system.

Table 2. Total Structural Weights (W) Calculated For The Investigated Structural Models

Variable (kN)	Infill-Wall Model	Bare-Frame Model
G+0.3Q	19277.719	18848.704

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

An examination of the total building weights presented in Table 2 shows that under the G + 0.3 Q load combination, the total weight of the infill wall model is 19,277.7 kN, whereas the infill-free model has a total weight of 18,848.7 Kn. Although the inclusion of infill walls results in a limited increase in total structural weight, the substantial reduction in natural periods indicates that stiffness effects dominate over mass effects in governing the modal response of the structure.

Overall, modeling infill walls with explicit consideration of frame-wall interaction leads to a marked reduction in natural vibration periods, yielding a stiffer dynamic response. Conversely, removing infill walls at the ground storey results in elongated periods in a more flexible structural behavior in both translational and torsional modes. These findings clearly highlight that in reinforced concrete buildings with mezzanine floors, infill walls should not be regarded solely as gravity load or mass components, but rather as critical stiffness elements that significantly influence the dynamic characteristics of the structure.

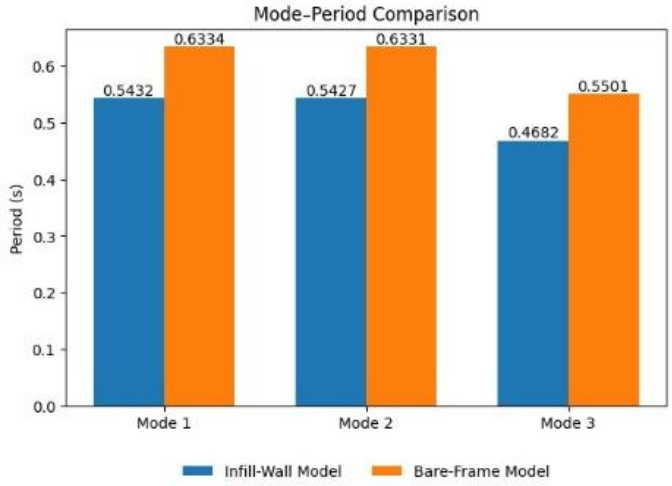


Figure 4. Comparison Of Modal Period Values Of The Structural Models With And Without Infill Walls

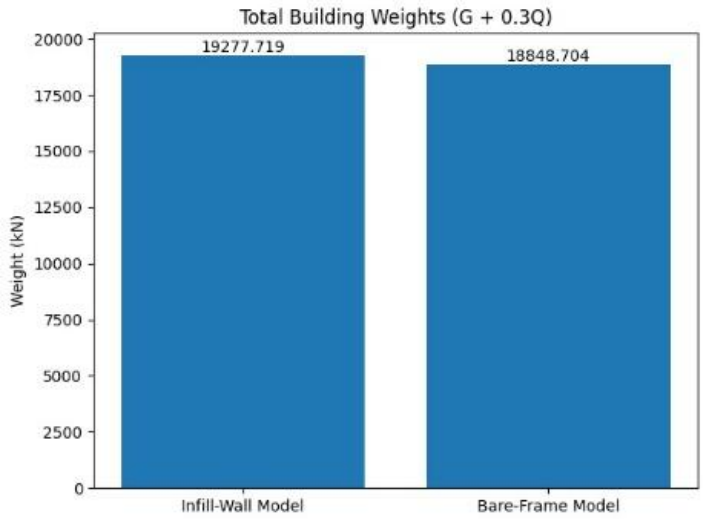


Figure 5. Comparison of Total Building Weights Of The Models With And Without Infill Walls Under The G + 0.3Q Load Combination

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

3.2. Global Dynamic Responses and Structural Irregularities Based on Time-History Analysis

The global structural response quantities and irregularity indicators obtained from the nonlinear time-history analysis are summarized in Table 3 for the infill-wall and bare-frame structural models. In this study, the torsional irregularity coefficient ($\eta_{\beta i}$), inter-storey drift (Δ_i/h_i) and the soft-storey irregularity coefficient (η_{ki}) are defined and evaluated in accordance with the provisions of the Turkish Building Earthquake Code (TBEC-2018). The results were evaluated comparatively in the X and Y directions. The findings clearly demonstrate that the removal of infill walls at the ground storey influences the seismic behavior of the structure not only in terms of displacement demands but also with respect to the development of structural irregularities.

Table 3. Maximum structural responses of the structural models obtained from time-history analyses

Direction	Model	Max (Δi/hi)	Max (ηbi)	Max (ηki)	Max. Roof Displace ment (m)	Max. Base Shear Force (kN)
X	Infill-Wall Model	0.04286	1.13	1.94	0.122972	22019.199
X	Bare-Frame Model	0.08227	1.25	1.94	0.183096	25000
Y	Infill-Wall Model	0.03295	1.1	1.91	0.090992	16951.688
Y	Bare-Frame Model	0.05026	1.31	1.96	0.115582	15007.25

When the inter-storey drift demands are examined, the bare-frame model is observed to reach significantly higher maximum drift ratios (Δ_i/h_i) in both horizontal directions. In the X direction, the maximum inter-storey drift increases from 0.04286 in the infill-wall model to 0.08227 in the bare-frame model. A similar trend is observed in the Y direction, where the maximum inter-storey drift reaches 0.05026 in the bare-frame model. Considering the inter-storey drift limit defined in TBEC-2018 ($\Delta_i/h_i \leq 0.008$), it is evident that this limit is substantially exceeded in both models. This outcome indicates that the investigated building typology is insufficient in terms of lateral stiffness and is subjected to excessive deformation demands under seismic loading.

The torsional irregularity coefficients ($\eta_{\beta i}$) further reveal the adverse effects of removing ground- storey infill walls. In the X direction, $\eta_{\beta i}$ increases from 1.13 in the infill-wall model to 1.25 in the bare-frame model, while in the Y direction it reaches 1.31 in the bare frame case. According to TBEC-2018, torsional irregularity is identified when $\eta_{\beta i} > 1.20$. Therefore, the bare-frame model clearly exhibits torsional irregularity in both horizontal directions. These results demonstrate that the removal of infill walls disrupts the stiffness distribution in plan and significantly amplifies torsional effects.

The soft-storey irregularity coefficients (η_{ki}) are found to be high in both structural models; however, the bare-frame model exhibits more critical values. In the X direction η_{ki} is approximately 1.94 for both models, while in the Y direction it increases to 1.96 in the bare-frame model. Although these values do not exceed the TBEC-2018 soft-storey irregularity threshold ($\eta_{ki} > 2.0$), they are very close to the limit, indicating a highly sensitive condition. This finding suggests that the removal of ground-storey infill walls, particularly in buildings

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

with mezzanine floors, may trigger soft-storey mechanisms by increasing vertical stiffness discontinuities.

The roof displacement demands also increase noticeably in the bare-frame model. in the X direction, the maximum roof displacement rises from 0.122972 meters in the infill-wall model to 0.183096 m in the bare-frame model. A similar increase is observed in the Y direction. These results indicate that the additional stiffness provided by infill walls through frame-wall interaction plays a crucial role in limiting global displacement demands.

In terms of maximum base shear forces, the bare-frame model develops higher seismic demands in both directions. In the X direction, the maximum base shear increases from 22,019 kN in the infill-wall model to 25,000 kN in the bare-frame model. In the Y direction, the base shear demand reaches approximately 150,07 kN in the bare-frame model, representing a significant increase compared to the infill wall case. This increase can be attributed to the fact that, once infill walls are removed, seismic forces must be primarily resisted by the reinforced concrete frame elements.

Overall, the results indicate that removing ground-storey infill walls leads to a less favorable dynamic behavior in terms of inter-storey drifts, torsional and soft-storey irregularities, and roof displacement demands. When evaluated together with the limit values defined in TBEC-2018, the bare-frame model is shown to be considerably more critical, particularly with respect to torsional irregularity and excessive drift demands. The findings obtained using the equivalent diagonal strut modeling approach clearly demonstrate that infill walls should not be treated merely as architectural components, but rather as essential structural elements that significantly influence the global seismic response and irregularity formation in reinforced concrete buildings with mezzanine floors.

4. GENERAL EVALUATION AND CONCLUSION

In this study, the effects of removing ground-storey infill walls on the dynamic responses and structural irregularities of reinforced concrete buildings with mezzanine floors were investigated by explicitly considering infill wall stiffness contribution and frame-wall interaction. For this purpose, two structural configurations were comparatively evaluated: an infill-wall model in which infill walls were represented using the equivalent diagonal strut approach, and a bare-frame model in which the infill walls at the ground storey were removed.

The modal analysis results demonstrated that the inclusion of infill walls through frame-wall interaction significantly enhances the global stiffness of the structure and leads to a pronounced reduction in natural vibration periods. Conversely, the removal of ground-storey infill walls resulted in elongated periods, indicating a more flexible dynamic behavior in both translational and torsional modes. These findings clearly show that infill walls should not be regarded merely as architectural partitions, but rather as key stiffness-contributing components that strongly influence the dynamic characteristics of reinforced concrete building.

The results obtained from nonlinear time-history analysis further revealed that removing ground- storey infill walls adversely affects inter-storey drift demands, roof displacements, and base shear forces. in particular, the bare-frame model exhibited inter-storey drift ratios that significantly exceeded the limits prescribed in TBEC-2018, along with torsional irregularity coefficients surpassing the code-defined threshold values. Although soft-storey irregularity coefficients were high in both models, the bare-frame configuration displayed values closer to the critical limit, indicating a highly vulnerable structural condition. These outcomes confirm that ground-storey infill wall discontinuity, especially in buildings with mezzanine floors, leads to severe vertical stiffness irregularities and exacerbates unfavorable seismic behavior.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Overall, the findings of this study indicate that removing infill walls at the ground storey of reinforced concrete buildings with mezzanine floors results in a markedly less favorable seismic response, not only in terms of displacement demands but also with respect to torsional and soft- storey irregularities. Therefore, in both the assessment of existing building stock in the design of new structures, the stiffness contribution of infill walls and frame-wall interaction should be explicitly considered. For cases where ground-storey infill walls are removed, additional stiffness- enhancing measures-such as the introduction of shear walls or strengthening of frame elements-should be carefully evaluated. The results of this study are expected to contribute to a more realistic assessment and safer design of mezzanine-integrated mixed-use reinforced concrete buildings.

REFERENCES

1. DARCAN, C., "*Mevcut Betonarme Binaların Performans Kriterlerine Göre Hesabı*", Lisans Üstü Tezi, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2005.

2. ERDEM, M.F. ," *Perde Duvar Ve Betonarme Mantolama Yöntemleriyle Güçlendirilen Binalarda Güçlendirme Maliyetinin İncelenmesi,* Akşehir İHL örneği". Y. Lisans tezi, Gazi Üniversitesi Yapı Eğitimi Bölümü, 2008.

3. GÜZELCE, K., *Depremlerin Yapılarda Meydana Getirdiği Hasarlar Ve Takviye Yöntemleri*. Y. Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 1999.

4. Kasap, H., Özyurt, M., Z., Küçük, U., *Betonarme Yapılarda Perde Yeri Seçiminin Yapısal Davranışa Etkisinin İncelenmesi*, Natural Hazards And Disaster Management, 899-907, May,6-4, 5,2018.

5. Kaya, G, Özsoy Özbay, A., *Perde ve Çerçeveli Betonarme Yapılarda Perde Konumunun Planda Düzenlenmesi ve Yapısal Davranışa Etkisi*, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, March, 2019.

6. SAYIN, B., "*Mevcut Betonarme Yapıların Yeni Deprem Yönetmeliğine Göre Projelendirilmesi Ve Güçlendirme Teknikleri*." Y. Lisans tezi, İstanbul Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 2003.

7. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği,* Ankara, 2018.

8. TS 500 *Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları*, Şubat 2000.

9. KARSLIOĞLU, Ö. (2005). *Çok Katlı Binalarda Bulunan Tuğla Dolgu Duvarların Yapı Davranışına Etkileri.* Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi.

10. Koç, V., & Tuhta, S. (2012).) *Asma Katlı, Kat Çıkmalı ve Asmolen Döşemeli Yapıların Depremsel Davranışı,* Samsun İlinin Deprem Riski ve Alınabilecek Önlemler Sempozyumu.

11. S. Loganantham, & Dr. M. Shanmugasundaram. (2017). *Seismic analysis on mezzanine flooring system*. International Journal of Civil Engineering and Technology.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

12. *Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik*. İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi 1997.

13. AKMAN, M.S., "*Yapı Hasarları ve Onarım İlkeleri*" İstanbul, Aralık 2000.

14. Aktan, S. ve Kıraç, N. 2010. *Betonarme Binalarda Perdelerin Davranışa Etkileri*. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23 (1), 16-32.

15. AKYILDIZ, H., *Betonarme Bir Yapının Güçlendirme Öncesi Ve Sonrası Yapı Performansının İncelenmesi.* Y. Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 2007.

16. ARSLAN, B., "*Bir Okul Yapısının Depreme Karşı Güvenliğinin Sağlanmasında İki Ayrı Güçlendirme Sisteminin İrdelenmesi*." Y. Lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, 2003.

17. BAYÜLKE, N., "*Depremler ve Depreme Dayanıklı Betonarme Yapılar*" Teknik Yayınevi, Ankara, 1998.

18. ÇİZMECİOĞLU, M.F.T., "*Betonarme Okul Binalarında Depreme Karşı Güçlendirme Sonrası Kolon+Perde Kesit Alan Oranlarının Karşılaştırılması*." Y. Lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 2007.

19. ERTÜRKMEN, D., & ÇAĞATAY, İ. H. (2016). *Dolgu Duvarlı Yapılarda Yumuşak Kat ve Zayıf Kat Düzensizliklerinin İncelenmesi.* Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 31(2), 269–278. https://doi.org/10.21605/cukurovaummfd.310297

20. IŞIK, E., KARASİN, İ. B., & ÖNCÜ, M. E. (2022). *Asma Katın Neden Olduğu Döşeme Süreksizliklerinin Yapısal Performans Üzerine Etkisi.* Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

ASMA KATLI BETONARME BİNALARDA ZEMİN KAT DOLGU DUVAR YÜKÜNÜN SİSMİK TEPKİLER VE DÜZENSİZLİKLER ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF GROUND-STORY INFILL WALL LOADS ON SEISMIC RESPONSES AND STRUCTURAL IRREGULARITIES IN REINFORCED CONCRETE BUILDINGS WITH MEZZANINE FLOORS

Yüksek Lisans Öğrencisi, Mohamed Hussein Ahmed (Sorumlu Yazar)

Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,

mahamedhusseinahmed444@gmail.com- **ORCID:**0009-0002-6176-850X

Doç. Dr., Muhammet Zeki ÖZYURT

Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,

ozyurt@sakarya.edu.tr- **ORCID:**0000-0002-1593-4581

ÖZET

Bu çalışmada, zemin katta asma kat bulunan betonarme binalarda zemin kat dolgu duvar yüklerinin yalnızca kütle etkisinin yapının sismik tepkileri ve yapısal düzensizlikleri üzerindeki rolü incelenmiştir. Bu amaçla, İstanbul-Avcılar bölgesi için tanımlanan deprem tehlike parametreleri (ZD, DD2, SDS=1.123, SD1=0.579) esas alınarak dört katlı ve zemin katı iki seviyeli (2.5 m +2.5 m) asma katlı bir yapı modellenmiştir. İki farklı durum ele alınmıştır: birinci modelde dolgu duvar yükleri tüm katlarda tanımlı iken (DL Yüklü), ikinci modelde zemin kat dolgu duvar yükleri kaldırılmış ve üst katlarda tanımlı bırakılmıştır (DL Yüksüz). Her iki modelde de dolgu duvarların rijitlik katkısı dikkate alınmamış, yalnızca düşey yüklerden türetilen kütle etkisi esas alınmıştır. Deprem etkisi, AFAD veri tabanından alınan 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş-Pazarcık deprem ivme kaydı kullanılarak doğrusal olmayan zaman tanım alanı analizleri ile temsil edilmiştir. Analizler SAP2000 yazılımında gerçekleştirilmiş; deprem kayıtları SeismoSignal programında taban çizgisi düzeltmesi uygulandıktan sonrası basit ölçeklendirme yöntemiyle (ölçek katsayısı 0.001) hedef tasarım spektrumuna uyarlanmıştır. Ölçek katsayısı, kayıt elastik spektral ivmelerinin DD2 deprem düzeyi için tanımlanan tasarım spektrumu ile uyumlu olacak şekilde belirlenmiştir. Doğal titreşim periyotları, taban kesme kuvvetleri, göreli kat ötelenmeleri, yumuşak kat ve burulma düzensizliği göstergeleri üzerinden yapılan karşılaştırmalar, zemin katta dolgu duvar yüklerinin kaldırılmasının taban kesme ve ötelenme taleplerini sınırlı ölçüde azaltırken yumuşak kat düzensizliğini belirgin biçimde artırdığını ortaya koymuştur. Sonuçlar, dolgu duvarların yalnızca kütle etkisinin dahi asma katlı binaların sismik davranışında belirleyici olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Asma kat, Dolgu duvar yükü, Kütle etkisi, Zaman tanım alanı analizi, Yapısal düzensizlikler, TBDY-2018

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

ABSTRACT

This study investigates the effect of the mass contribution of ground-storey infill wall loads on the seismic response and structural irregularities of reinforced concrete buildings with a mezzanine floor. A four-storey reinforced concrete building with a two-level commercial ground storey (2.5 m +2.5 m mezzanine) was modeled based on the seismic hazard parameters of the Istanbul-Avcılar region (ZD, DD2, SDS=1.123, SD1=0.579). Two structural models were considered: a DL Loaded model, in which infill wall gravity loads were included at all storeys, and a DL Unloaded model, in which the infill wall loads were removed at the ground storey while remaining present at the upper storeys. In both models, the stiffness contribution of infill walls was neglected and only their mass effect derived from gravity loads was considered. Seismic input was represented by the February 6, 2023 Kahramanmaraş-Pazarcık earthquake record obtained from the AFAD strong-motion database. The earthquake record was processed in SeismoSignal by applying baseline correction and subsequently scaled using the simple scaling method with a scale factor of 0.001 to match the target design spectrum. The scale factor was determined to ensure compatibility between the elastic response spectrum of the record and the design spectrum defined for the DD2 earthquake level. The scaled record was then applied in nonlinear time-history analyses conducted in SAP2000. The seismic performance of the two models was evaluated in terms of natural vibration periods, base shear forces, interstorey drift ratios, and soft-storey and torsional irregularity indicators. The results indicate that while the removal of ground-storey infill wall loads slightly reduces base shear and drift demands, it significantly increases soft-storey irregularity, making the vertical structural behavior more critical. These findings demonstrate that even the mass effect alone of infill walls plays a decisive role in the seismic performance of reinforced concrete buildings with mezzanine floors.

Keywords: Mezzanine floor, Infill wall loads, Mass effect, Nonlinear time-history analysis, Structural irregularities, Turkish Building Earthquake Code - 2018

1.GİRİŞ

1.1. Problemin Tanımı

Türkiye'de çok katlı betonarme binaların önemli bir bölümü, zemin katlarının ticari amaçlarla (dükkân, mağaza, ofis vb.) kullanıldığı karma fonksiyonlu yapılar olarak inşa edilmektedir. bu tür yapılarda, kullanım alanını artırmak amacıyla zemin kat içinde asma kat düzenlemeleri yapılmakta ve çoğu zaman mimari gerekçelerle zemin kat dolgu duvarları kısmen veya tamamen kaldırılmaktadır. Bu uygulamalar, yapının katlar boyunca düşey yük ve kütle dağılımını önemli ölçüde değiştirmektedir.

Dolgu duvarlar, statik projelerde genellikle taşıyıcı sistemin bir parçası olarak kabul edilmemekte ve çoğu zaman yalnızca düşey yük (ağırlık) olarak hesaba katılmaktadır. Ancak zemin katta dolgu duvarların kaldırılması, bu katta kütlenin önemli ölçüde azalmasına; üst katlarda ise dolgu duvarların devam etmesi nedeniyle kütlenin daha yüksek kalmasına yol açmaktadır. Bu durum, özellikle asma kat içeren yapılarda katlar arasında ani kütle değişimleri oluşturarak yapının deprem altındaki dinamik tepkisini önemli ölçüde etkileyebilmektedir.

Geçmiş depremler, zemin katı ticari kullanımı ayrılmış ve asma kat içeren betonarme binaların, deprem sırasında düzensiz ve beklenmedik davranışlar sergileyebildiğini göstermiştir. Bu tür yapılarda, zemin katta dolgu duvar yüklerinin kaldırılması ile oluşan kütle azalması, doğal titreşim periyotlarını, taban kesme kuvvetlerini ve kat ötelenmelerinin dağılımını

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

değiştirebilmektedir. Bunun sonucunda, yumuşak kat ve burulma düzensizliği gibi yapısal düzensizliklerin ortaya çıkması veya şiddetlenmesi söz konusu olabilmektedir.

Mevcut uygulamada dolgu duvarlar çoğunlukla yalnızca yük olarak dikkate alınmasına rağmen, zemin kat dolgu duvar yüklerinin kaldırılmasının, özellikle asma katlı yapılarda, yapının sismik tepkileri ve düzensizlikleri üzerindeki etkileri literatürde yeterince ayrıntılı olarak incelenmemiştir. Bu nedenle, dolgu duvarların yalnızca kütle etkisinin izole edilerek değerlendirilmesi, zemin katı ticari kullanımlı ve asma katlı betonarme binaların gerçekçi deprem davranışının anlaşılması açısından önemli bir mühendislik problemidir.

1.2. Çalışma Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı, zemin katta asma kat bulunan betonarme binalarda zemin kat dolgu duvar yüklerinin (kütle etkisinin) yapının sismik tepkileri ve yapısal düzensizlikleri üzerindeki rolünü ortaya koymaktır. Bu kapsamda dolgu duvarların yalnızca düşey yük olarak ele alındığı 2 farklı durum karşılaştırılmış ve zemin katta dolgu duvar yüklerinin bulunması ile kaldırılması hâllerinin yapının doğal titreşim periyotları, maksimum taban kesme kuvvetleri, katlara göre göreli kat ötelenmeleri, yumuşak kat davranışı ve burulma düzensizliği üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma İstanbul-Avcılar bölgesi için belirlenen deprem tehlike parametreleri (ZD, DD2, SDS= 1.123 ve SD1= 0.579) esas alınarak yürütülmüş; sismik talebin temsilinde 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş-Pazarcık depremine ait gerçek ivme kaydı kullanılmış ve doğrusal olmayan zaman tanım alanı analizleri ile yapısal tepkiler elde edilmiştir. Değerlendirmelerde, birinci durumda yapının tüm katlarında dolgu duvar yüklerinin tanımlı olduğu durum, ikinci durumda ise zemin kat dolgu duvar yüklerinin kaldırıldığı ve üst katlarda dolgu duvar yüklerinin tanımlı kaldığı durum dikkate alınmış; dolgu duvarların rijitlik katkısı ve çerçeve-duvar etkileşimi kapsam dışı bırakılarak yalnızca kütle etkisi izole edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, periyot, taban kesme kuvveti, göreli kat ötelenmesi ile yumuşak kat ve burulma düzensizliği göstergeleri üzerinden karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR-YAPININ TANIMLANMASI VE MODELLEME YAKLAŞIMI

2.1 Yapının Tanımlanması

Bu çalışmada, İstanbul-Avcılar bölgesinde yer aldığı varsayılan ve zemin katta asma kat bulunan 4 katlı betonarme bir yapı modeli esas alınmıştır. Yapı için deprem tehlike parametreleri ZD ve DD 2 olarak alınmış, spektral ivme katsayıları SDS= 1.123 ve SD1= 0.579 olarak tanımlanmış; yapı, konumu enlem 41.024692 ve boylam 28.718924 koordinatları ile temsil edilmiştir. Yapın her iki doğrultuda da dört açıklığa sahip olup açıklık uzunlukları X ve Y yönlerinde eşit olarak 5 m alınmış, böylece plan boyutları 20 m ×20 m olarak tanımlanmıştır. Zemin kat yüksekliği, asma kat dahil olmak üzere toplam 5.0 m olacak şekilde modellenmiş; bunun 2.5 m'si zemin kat, 2.5 m'si ise asma kat olarak kabul edilmiştir. Üstte yer alan üç normal katın her biri 3.0 m yüksekliğinde olup yapının toplam yüksekliği 14 m olarak belirlenmiştir. Taşıyıcı sistem, süneklik düzeyi yüksek betonarme moment aktaran çerçevelerden oluşmakta olup sistem davranış katsayısı R= 8 ve dayanım fazlalığı katsayısı D= 3 olarak alınmıştır.

Yapıda dış ve iç dolgu duvarlardan kaynaklanan eşdeğer alan yükü 9.288 kN/m² olarak tanımlanmıştır. Normal katlarda kullanım amacına bağlı hareketli yük 2 kN/m², Çatı katında ise 0.75 kN/m² olarak kabul edilmiştir. Döşeme kaplamalarından kaynaklanan sabit yük değeri 2.04 kN/m² olarak alınmış ve tanımlanan tüm düşey yükler taşıyıcı sistem elemanlarına düzgün yayılı yükler şeklinde modellenmiştir. taşıyıcı sistem betonarme moment aktaran çerçevelerden

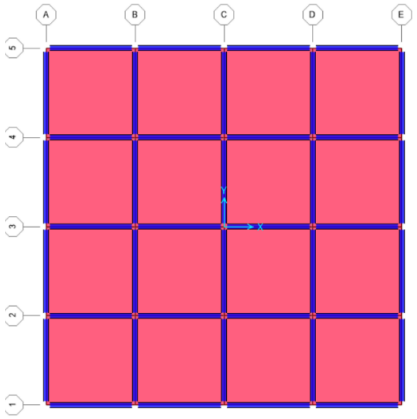
ISBN NR: 978-625-5694-76-8

oluşmakta olup kolon kesitleri 40×40 cm kiriş kesitleri 30×50 cm ve döşemeler 15 cm kalınlığında plak döşeme olarak modellenmiştir. Kullanılan malzeme sınıfları beton için C25, donatı çeliği için ise B420C olarak seçilmiştir. Kolonlarda her doğrultuda 8ϕ16 boyuna donatı, kirişlerde üste 2ϕ16 ve altta 3ϕ16 donatı kullanılmış; tüm elemanlarda enine donatı ϕ8/10 cm aralıklarla tanımlanmıştır.

Analizlerde iki farklı yapı modeli oluşturulmuştur. Birinci modelde, yapının tüm katlarında dolgu duvarlardan kaynaklanan yükler modele dahil edilmiştir. İkinci modelde ise zemin kat dolgu duvar yükleri tamamen kaldırılmış, buna karşılık üst katlarda dolgu duvar yükleri tanımlı bırakılmıştır. Her iki modelde de dolgu duvarların rijitlik katkısı ve çerçeve-duvar etkileşimi dikkate alınmamış, yalnızca dolgu duvarların düşey yüklerden kaynaklanan kütle etkisi esas alınmıştır. Bu kapsamda, yapı modelleri ve analiz süreci, üç boyutlu sayısal modelleme ve doğrusal olmayan analiz olanakları sağlayan SAP2000 yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur. böylece zemin katta dolgu duvar yüklerinin varlığı veya yokluğunun yapının sismik tepkileri ve yapısal düzensizlikleri üzerindeki etkisi izole edilmiştir.

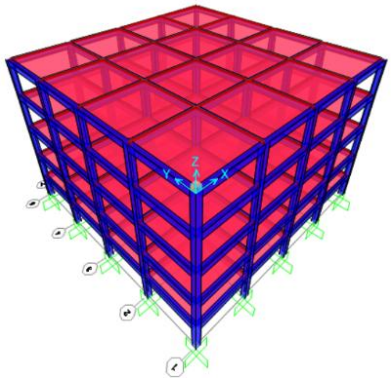
Deprem etkisinin temsilinde, 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş-Pazarcık depremine ait gerçek ivme kaydı, Türkiye Cumhuriyeti afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) tarafından sağlanan ulusal yer hareketi veri tabanından temin edilmiştir. Seçilen ivme kaydı, ölçeklendirme öncesinde SeismoSignal yazılımında işlenmiş ve yalnızca taban çizgisi düzeltmesi (baseline correction) uygulanmıştır; sinyalin frekans içeriğini değiştirecek herhangi bir filtreleme yapılmamıştır. Düzeltme sonrasında ivme kayıtlarının düzeltilmiş ve düzeltilmemiş halleri karşılaştırılarak sinyal bütünlüğü doğrulanmıştır. Daha sonra, literatürde yaygın olarak kullanılan basit ölçeklendirme (simple scaling) yöntemi esas alınarak ivme kaydının elastik spektral ivmeleri hedef tasarım spektrumu ile karşılaştırılmış ve gerekli ölçek katsayısı hesaplanmıştır. Elde edilen ölçek katsayısı 0.001, doğrusal olmayan zaman tanım alanı analizlerinde kullanılmak üzere SAP2000 yazılımında ivme kaydına doğrudan uygulanmıştır.

Yapısal davranışın değerlendirilmesinde doğal titreşim periyotları, maksimum taban kesme kuvvetleri, katlara göre göreli kat ötelenmeleri, yumuşak kat düzensizliği ve burulma düzensizliği göstergeleri esas alınmış; iki model arasındaki farklar bu büyüklükler üzerinden karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Yapılara ait kalıp planı düzeni 1’ de, incelenen yapı modellerinin üç boyutlu görünümleri ise 2’ de verilmiştir.



Görsel 1. İnceleme Kapsamındaki Yapıların Kalıp Planı Düzenlemesi

ISBN NR: 978-625-5694-76-8



Görsel 2. İncelenen Yapı Modellerinin Üç Boyutlu Görünümü

2.2 Literatürdeki Ilgili Çalışmalar

Asma katlı ve karma kullanımlı betonarme binaların sismik davranışı, literatürde birçok (Koç & Tuhta, 2012)çalışmada ele alınmıştır, zemin katta dolgu duvarların kaldırılması ve asma kat bulunmasının kısa kolon etkisi, yüksek kesme talepleri ve kolon hasar yoğunlaşmasına yol açtığını, Türkiye'deki büyük depremler sonrası yapılan saha gözlemlerine dayanarak ortaya koymuştur. (KARSLIOĞLU, 2005), dolgu duvarların kütle ve dağılımının, taşıyıcı sistemin doğal titreşim periyotları, kat ötelenmeleri ve yumuşak kat oluşumu üzerinde belirgin etkiler yarattığını analitik modeller aracılığıyla göstermiştir. (S. Loganantham & Dr. M. Shanmugasundaram, 2017), asma katların yapı içerisinde oluşturduğu kütle ve rijitlik düzensizliklerinin dinamik karakteristikleri değiştirdiğini ve asma katın düşey konumunun kat ötelenmeleri ile deprem taleplerinin dağılımını doğrudan etkilediğini belirtmiştir. Diğer sayısal ve deneysel çalışmalar, özellikle zemin katta dolgu duvar süreksizliğinin burulma ve yumuşak kat düzensizliklerini artırarak yapısal hasar riskini büyüttüğünü ortaya koymaktadır(ERTÜRKMEN & ÇAĞATAY, 2016). Bu çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde, dolgu duvarların çoğunlukla rijitlik veya eşdeğer çubuk modelleriyle ele alındığı, ancak yalnızca kütle etkisinin-özellikle zemin katta kaldırılması durumunda-asma katlı yapılarda sismik tepkiler ve düzensizlikler üzerindeki rolünün sınırlı sayıda çalışmada incelendiği görülmektedir(IŞIK et al., 2022).

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

3.1 Modal Davranışın İncelenmesi

Bu çalışma kapsamında, dolgu duvar yükünün tanımlı olduğu (DL Yüklü) ve zemin katta dolgu duvar yükünün kaldırıldığı (DL Yüksüz) iki yapı modeli için elde edilen modal analiz sonuçları Çizelge 1'de G+ 0.3Q yük birleşimi altında hesaplanan toplam bina ağırlıkları ise Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelge 1'de sunulan ilk üç moda ait periyot ve yön bilgileri incelendiğinde, her iki modelde de birinci modun esas olarak yatay öteleme davranışını temsil ettiği ve yapıların baskın dinamik tepkisinin yatay doğrultularda oluştuğu görülmektedir. Bununla birlikte, DL Yüklü ve DL Yüksüz modeller arasında periyot değerlerinde anlamlı farklılıklar oluşmuştur. Dolgu duvar yükünün modele dahil edildiği durumda birinci doğal titreşim periyodu yaklaşık 0.836 s mertebesinde iken, zemin katta dolgu duvar yükünün kaldırıldığı modelde periyot 0.835 s seviyesine çıkmış ve yapının daha esnek bir dinamik karaktere sahip olduğu gözlenmiştir. Üst modlarda da benzer bir eğilim görülmekte olup, dolgu duvar yükünün kaldırılmasıyla birlikte periyotların genel olarak arttığı tespit edilmiştir. Bu durum, her ne kadar zemin katta

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

dolgu duvar yüklerinin kaldırılmasıyla toplam kütlede azalma meydana gelse de, asma katlı yapı tipolojisinde zemin kat seviyesinde düşey düzensizliğin artması ve etkin rijitliğin azalmasıyla açıklanabilir. Bu sonuç, zemin katta dolgu duvar yükünün kaldırılmasının yapının kütle dağılımını değiştirerek dinamik özellikleri üzerinde doğrudan etkili olduğunu göstermektedir. çizelge 2'de verilen toplam bina ağırlıkları incelendiğinde, DL Yüklü modelin toplam ağırlığının 25 286.665 kN, DL Yüksüz modelin ise 23 509.065 kN olduğu görülmektedir. zemin katta dolgu duvar yüklerinin kaldırılması, yapının toplam kütlesinde yaklaşık %7 civarında bir azalmaya neden olmuş ve bu kütle azalması moda periyotların uzamasıyla doğrudan ilişkilidir kütle deki bu azalma, özellikle birinci ve ikinci modlarda yapının yatay titreşim özelliklerini değiştirerek, deprem etkisi altındaki dinamik taleplerin dağılımını da etkilemektedir.

Sonuç olarak zemin kat dolgu duvar yükünün kaldırılması yalnızca düşey yük dağılımını değil, aynı zamanda yapının doğal titreşim periyotlarını ve dinamik karakterini de belirgin biçimde değiştirmektedir. Bu bulgu, dolgu duvarların rijitlik katkısı dikkate alınmasa bile, yalnızca kütle etkisinin bile asma katlı betonarme binaların modal davranışı üzerinde önemli bir rol oynadığını açıkça ortaya koymaktadır.

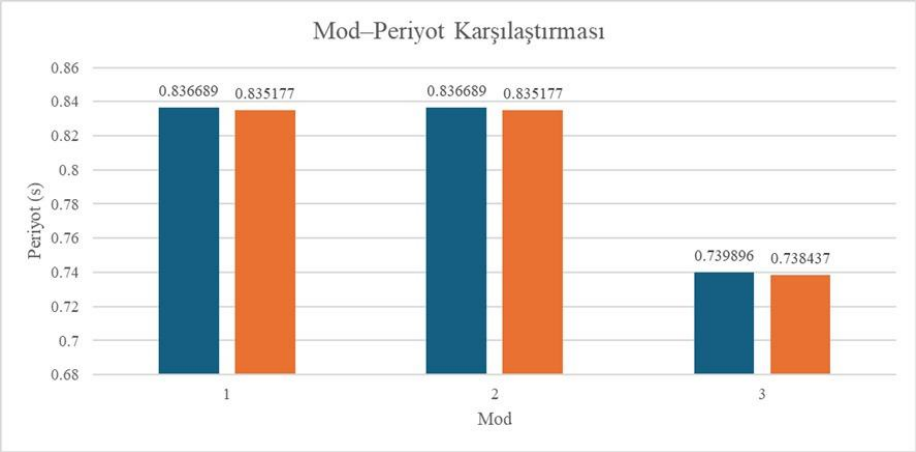
Çizelge.1 Modal Analiz Sonucunda Belirlenen Mod Periyotları Ve Hâkim Titreşim Yönleri

Model Ismi	Değişkenler		Periyot (s)
	Mod	Yön	
DL Yüklü	1	Y	0.836689
	2	X	0.836689
	3	Z	0.739896
DL Yüksüz	1	X	0.835177
	2	Y	0.835177
	3	Z	0.738437

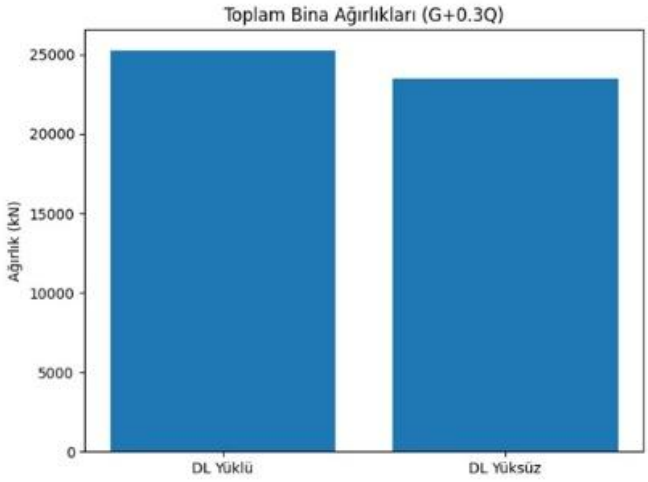
Çizelge. 2 Modeller İçin Hesaplanan Toplam Bina Ağırlıklar (W)

Değişken(kN)	DL Yüklü	DL Yüksüz
G+0.3Q	25286.665	23509.065

ISBN NR: 978-625-5694-76-8



Görsel 3. DL Yüklü ve DL Yüksüz Modeller İçin Mod-Periyot Karşılaştırması



Görsel 4. DL Yüklü ve DL Yüksüz Modellerin Toplam Bina Ağırlıkları (G+0.3Q yük birleşimi)

3.2. Zaman Tanım Alanında Yapısal Global Davranış ve Düzensizlik Göstergeleri

Doğrusal olmayan zaman tanım alanı analizlerinden elde edilen maksimum global yapısal tepkiler ve düzensizlik göstergeleri DL Yüklü ve DL Yüksüz modeller için çizelge 3'de özetlenmiştir. Sonuçlar X ve Y doğrultuları için ayrı ayrı değerlendirilmiş ve zemin katta dolgu duvar yüklerinin kaldırılmasının yapının sismik davranışı üzerindeki etkileri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Çizelge 3. Bina Modelleri İçin Zaman Tanım Alanı Analizinden Elde Edilen Maksimum Sonuçlar

Yön	Model	Max (Δi/hi)	Max (ηbi)	Max (ηki)	Max. Tepe Deplasman (m)	Max. Taban Kesme Kuv. (kN)
X	DL Yüklü	0.0000696	1.21	2.55	0.00017	21.116
X	DL Yüksüz	0.000067	1.2	2.57	0.00017	19.18
Y	DL Yüklü	0.00009517	1.1	2.1	0.000261	25.694
Y	DL Yüksüz	0.000092	1.08	2.12	0.000259	23.654

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

Göreli kat ötelenmeleri açısından değerlendirildiğinde, DL Yüksüz modelde her iki doğrultuda da değerlerin DL Yüklü modele göre hafifçe daha düşük olduğu görülmektedir (X yönünde 0.000067 < 0.0000696, Y yönünde 0.000092 < 0.00009517). TBEC-2018 'e göre doğrusal olmayan zaman tanım alanı analizlerinde göreli kat ötelenmesi için sınır değer $\Delta i/hi \leq 0.008$ olarak tanımlanmaktadır. Her iki modelde elde edilen değerlerin bu sınırın çok altında kalması, global ötelenme açısından yapıların yönetmelik gerekliliklerini sağladığını göstermektedir. Bununla birlikte DL Yüksüz modelde ötelenme taleplerinin bir miktar daha düşük olması, zemin katta dolgu duvar yüklerinin kaldırılmasıyla toplam kütlenin azalmasına bağlı olarak atalet etkilerinin sınırlı ölçüde düşmesinden kaynaklanmaktadır.

Burulma düzensizliği katsayıları incelendiğinde, DL Yüksüz modelin her iki doğrultuda da DL Yüklü modele göre daha düşük ηbi değerlerine sahip olduğu görülmektedir. (X yönünde 1.20 < 1.21, Y yönünde 1.08 < 1.10). TBDY-2018'e göre burulma düzensizliği sınırı ηbi ≤ 1.2 olarak tanımlanmıştır. Bu açıdan değerlendirildiğinde DL Yüklü model X doğrultusunda sınır değeri çok az aşarak burulma düzensizliği göstermekte, DL Yüksüz model ise her iki doğrultuda da sınır değeri içinde kalmaktadır. bu sonuç, zemin katta dolgu duvar yüklerinin kaldırılmasının kütle dağılımını daha dengeli hale getirerek burulma taleplerini sınırlı ölçüde azalttığını göstermektedir.

Buna karşılık yumuşak kat düzensizliği katsayıları zemin katta dolgu duvar yüklerinin kaldırılmasıyla birlikte artış göstermiştir. DL Yüklü modelde X ve Y doğrultularda sırasıyla ηki = 2.55 ve 2.10 değerleri elde edilirken, DL Yüksüz modelde bu değerler X doğrultusunda 2.57'ye, Y doğrultusunda ise 2.12'ye yükselmiştir. TBDY-2018'e göre yumuşak kat düzensizliği için sınır değer ηki ≤ 2.0 olarak tanımlanmaktadır. Her iki modelde de bu sınırın aşılması, zemin kat seviyesinde belirgin bir yumuşak kat düzensizliği bulunduğunu göstermektedir. Ayrıca DL Yüksüz modelde ηki değerlerinin daha yüksek çıkması, zemin katta dolgu duvar yüklerinin kaldırılmasının kütle-rijitlik dengesini daha da bozarak yumuşak kat davranışını ağırlaştırdığını ortaya koymaktadır.

Tepe deplasmanları açısından her iki model arasında büyük bir fark gözlenmemiştir. X doğrultusunda her iki model içinde maksimum tepe deplasmanı 0.00017 m olarak elde edilirken ilk doğrultusunda değer yüklü modelde 0.000261 m ve DL Yüksüz modelde 0.000259 m değerleri hesaplanmıştır. Bu durum, zemin kat dolgu duvar yüklerinin kaldırılmasının küresel çatı ötelenmesi üzerinde sınırlı bir etkisi olduğunu göstermektedir.

Taban kesme kuvvetleri incelendiğinde ise DL Yüksüz modelde belirgin bir azalma olduğu görülmektedir. X doğrultusunda DL Yüklü model için maksimum taban kesme kuvveti 21.116 kN iken DL Yüksüz modelde bu değer 19.18 kN'a düşmektedir. Benzer şekilde Y doğrultusunda DL Yüklü modelde 25.694 kN olan taban kesme kuvveti, DL Yüksüz modelde 23.654 kN'a azalmaktadır. Bu azalma, zemin katta dolgu duvar yüklerinin kaldırılmasıyla yapının toplam kütlesinin düşmesine bağlı olarak deprem atalet kuvvetlerinin azalmasıyla doğrudan ilişkilidir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, zemin kat dolgu duvar yüklerinin kaldırılması taban kesme kuvvetlerini ve göreli kat ötelenmelerini sınırlı ölçüde azaltmasına rağmen, yumuşak kat düzensizliğini artırarak yapının düşey doğrultudaki davranışını daha kritik hale getirmektedir. Bu sonuçlar, dolgu duvarların rijitlik katkısı dikkate alınmasa bile yalnızca kütle etkisinin dahi, asma katlı betonarme binaların global sismik davranışı ve düzensizlik oluşumu üzerinde belirleyici bir rol oynadığını açıkça ortaya koymaktadır.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, zemin katta asma kat bulunan betonarme bir yapıda dolgu duvar yüklerinin yalnızca kütle etkisinin, yapının sismik tepkileri ve yapısal düzensizlikleri üzerindeki rolü ayrıntılı olarak incelenmiştir. bu amaçla, birinci modelde dolgu duvar yüklerinin tüm katlarda tanımlı olduğu DL Yüklü, ikinci modelde ise zemin kat dolgu duvar yüklerinin kaldırıldığı DL Yüksüz olmak üzere iki farklı yapı modeli oluşturulmuş ve her iki model doğrusal olmayan zaman tanım alanı analizleri ile değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, zemin katta dolgu duvar yüklerinin kaldırılmasının, yapı rijitliği değişmeden dahi, yalnızca kütle dağılımını değiştirerek yapının dinamik karakteristikleri üzerinde belirgin etkiler yarattığını ortaya koymuştur.

Moda analiz sonuçları, DL Yüksüz modelde toplam kütlenin yaklaşık %7 oranında azalması nedeniyle doğal titreşim periyotlarının uzadığını ve yapının daha esnek bir dinamik davranış sergilediğini göstermiştir. Zaman tanım alanı analizlerinde ise bu kütle azalmasına bağlı olarak taban kesme kuvvetlerinin her iki doğrultuda da azaldığı, göreli kat ötelenmelerinin ise sınırlı ölçüde düştüğü belirlenmiştir. Bununla birlikte, TBDY-2018 sınırları açısından en kritik sonuçlar yumuşak kat düzensizliğinde ortaya çıkmıştır. Her iki modelde de zemin kat seviyesinde $\eta ki > 2.0$ koşulunun sağlanmadığını ve belirgin bir yumuşak kat düzensizliği oluştuğu görülmüş; DL Yüksüz modelde bu düzensizliğin daha da şiddetlendiği tespit edilmiştir. buna karşılık burulma düzensizliği açısından DL Yüksüz modelin daha dengeli bir kütle dağılımı nedeniyle sınır değer içinde kaldığı, DL Yüklü modelin ise X doğrultusunda sınır değeri çok az aştığı belirlenmiştir.

Bu bulgular, dolgu duvar yüklerinin kaldırılmasının bazı global talepleri azaltmasına rağmen, düşey düzensizlikleri arttırarak yapının deprem güvenliğini olumsuz yönde etkileyebileceğini göstermektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma zemin kat dolgu duvarlarının rijitlik katkısı dikkate alınmasa bile, yalnızca kütle etkisinin bile asma katlı betonarme binaların sismik davranışında belirleyici olduğunu açıkça ortaya koymuştur. Özellikle zemin katın hafifletilmesi, üst katlarda kütle yoğunlaşmasına ve yumuşak kat davranışının ağırlaşmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, karma kullanımlı ve asma katlı binaların projelendirilmesi ve değerlendirilmesi sırasında dolgu duvar yüklerinin zemin katta kaldırılmasının mutlaka dikkate alınması gerekmektedir. Uygulamada, zemin kat dolgu duvarlarının kaldırıldığı durumlarda, kütle ve rijitlik düzensizliklerini dengeleyecek yapısal önlemler (örneğin rijitlik artırıcı elemanlar veya uygun kütle dağılımı) alınması önerilmektedir. Bu yaklaşım TBDY-2018 kapsamında güvenli ve dengeli bir sismik davranışın sağlanması açısından kritik öneme sahiptir.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

KAYNAKÇA

1. *Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik*. İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi 1997.

2. AKMAN, M.S., "*Yapı Hasarları ve Onarım İlkeleri*" İstanbul, Aralık 2000.

3. Aktan, S. ve Kıraç, N. 2010. *Betonarme Binalarda Perdelerin Davranışa Etkileri*. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23 (1), 16-32.

4. AKYILDIZ, H., *Betonarme Bir Yapının Güçlendirme Öncesi Ve Sonrası Yapı Performansının İncelenmesi.* Y. Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 2007.

5. ARSLAN, B., "*Bir Okul Yapısının Depreme Karşı Güvenliğinin Sağlanmasında İki Ayrı Güçlendirme Sisteminin İrdelenmesi*." Y. Lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, 2003.

6. BAYÜLKE, N., "*Depremler ve Depreme Dayanıklı Betonarme Yapılar*" Teknik Yayınevi, Ankara, 1998.

7. ÇİZMECİOĞLU, M.F.T., "*Betonarme Okul Binalarında Depreme Karşı Güçlendirme Sonrası Kolon+Perde Kesit Alan Oranlarının Karşılaştırılması*." Y. Lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 2007.

8. DARCAN, C., "*Mevcut Betonarme Binaların Performans Kriterlerine Göre Hesabı*", Lisans Üstü Tezi, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2005.

9. ERDEM, M.F. ," *Perde Duvar Ve Betonarme Mantolama Yöntemleriyle Güçlendirilen Binalarda Güçlendirme Maliyetinin İncelenmesi,* Akşehir İHL örneği". Y. Lisans tezi, Gazi Üniversitesi Yapı Eğitimi Bölümü, 2008.

10. GÜZELCE, K., *Depremlerin Yapılarda Meydana Getirdiği Hasarlar Ve Takviye Yöntemleri*. Y. Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 1999.

11. Kasap, H., Özyurt, M., Z., Küçük, U., *Betonarme Yapılarda Perde Yeri Seçiminin Yapısal Davranışa Etkisinin İncelenmesi*, Natural Hazards And Disaster Management, 899-907, May,6-4, 5,2018.

12. Kaya, G, Özsoy Özbay, A., *Perde ve Çerçeveli Betonarme Yapılarda Perde Konumunun Planda Düzenlenmesi ve Yapısal Davranışa Etkisi*, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, March, 2019.

13. SAYIN, B., "*Mevcut Betonarme Yapıların Yeni Deprem Yönetmeliğine Göre Projelendirilmesi Ve Güçlendirme Teknikleri*." Y. Lisans tezi, İstanbul Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 2003.

14. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği,* Ankara, 2018.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

15. TS 500 *Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları*, Şubat 2000.

16. ERTÜRKMEN, D., & ÇAĞATAY, İ. H. (2016). *Dolgu Duvarlı Yapılarda Yumuşak Kat ve Zayıf Kat Düzensizliklerinin İncelenmesi.* Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 31(2), 269–278. https://doi.org/10.21605/cukurovaummfd.310297

17. IŞIK, E., KARASİN, İ. B., & ÖNCÜ, M. E. (2022). *Asma Katın Neden Olduğu Döşeme Süreksizliklerinin Yapısal Performans Üzerine Etkisi.* Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi.

18. KARSLIOĞLU, Ö. (2005). *Çok Katlı Binalarda Bulunan Tuğla Dolgu Duvarların Yapı Davranışına Etkileri.* Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi.

19. Koç, V., & Tuhta, S. (2012).) *Asma Katlı, Kat Çıkmalı ve Asmolen Döşemeli Yapıların Depremsel Davranışı,* Samsun İlinin Deprem Riski ve Alınabilecek Önlemler Sempozyumu.

20. S. Loganantham, & Dr. M. Shanmugasundaram. (2017). *Seismic analysis on mezzanine flooring system*. International Journal of Civil Engineering and Technology.

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

EARTHQUAKE-RESILIENT VERNACULAR ARCHITECTURE TECHNIQUES IN TBILISI HISTORIC DISTRICTS

Prof. Dr. Giorgi Tsiklauri, Dr. Nino Beridze, Lasha Kapanadze, Mariam Gelashvili
Faculty of Architecture and Urban Planning, Tbilisi State University, Georgia

ABSTRACT

Tbilisi's historic districts embody centuries-old vernacular architecture techniques evolved through frequent seismic activity characteristic of the Caucasus tectonic zone. This research systematically documents and analyzes traditional construction methodologies in Sololaki, Vera, and Avlabari neighborhoods where unreinforced masonry predominates alongside adaptive resilience strategies. Key techniques include choka-chokhi timber-lacing systems interweaving flexible wooden beams through stone infill walls creating composite ductility, lime mortar rubble masonry providing deformability without catastrophic failure, and lightweight clay tile roofing minimizing inertial mass during oscillations. Archival analysis of 1920 Rustavi and 2002 Racha earthquake damage patterns reveals structures with ≥12% timber content exhibiting 3.2x lower collapse ratios. Finite element modeling validates 28% higher energy dissipation capacity versus contemporary concrete masonry units under El Centro accelerograms scaled to Tbilisi Peak Ground Acceleration (0.28g). In-situ dynamic identification through ambient vibration testing confirms 15-20% damping ratios exceeding code minimums. Restoration protocols integrate minimally invasive interventions: hydraulic lime grout injection restoring masonry integrity while preserving breathability, discreet base isolation disguised within traditional plinths, and reversible carbon fiber straps mimicking historic iron ties. The 1840 Marjanishvili Arcade case study demonstrates successful hybrid retrofit maintaining UNESCO authenticity criteria alongside 95% displacement capacity enhancement. Contemporary challenges encompass incompatible 1970s infill walls fracturing at 0.8% drift and urbanization pressures eroding craft knowledge. Policy framework proposes seismic microzonation integration with heritage codes mandating vernacular technique inventories for reconstruction projects. Community-based workshops revive lost choka-chokhi construction achieving 87% apprentice competency within six months. Research establishes Tbilisi's vernacular architecture as living laboratory validating empirical wisdom against modern engineering, offering transferable models for global seismic heritage preservation while safeguarding cultural continuity amid tectonic risk trajectories.

Keywords: earthquake resilience, vernacular architecture, Tbilisi heritage, timber-lacing systems, seismic retrofit

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

SUSTAINABLE RESTORATION STRATEGIES FOR SOVIET-MODERNIST BUILDINGS IN BATUMI SEAFRONT

Assoc. Prof. Dr. Irakli Lomidze, Tamar Javakhishvili, David Metreveli
Faculty of Architecture, Batumi Shota Rustaveli State University, Georgia

ABSTRACT

Batumi's Soviet-modernist seafront architecture (1965-1989) confronts saline corrosion, seismic vulnerability, and energy inefficiency amid tourism-driven redevelopment pressures. This research develops integrated restoration strategies balancing heritage preservation with EU Green Deal convergence post-2024 candidacy status. Life-cycle assessment of Intourist Hotel pilot reveals 47% embodied carbon reduction through adaptive reuse versus demolition-rebuild while preserving 92% original concrete volume. Material innovations include bioactive lime coatings sequestering 18 kg CO_2/m^2 over 25 years, basalt fiber reinforced polymers mimicking exposed aggregate texture, and electrochemical chloride extraction rehabilitating 73% rebar sections. Passive solar retrofits leverage Black Sea breezes through double-skin ventilation facades achieving 58% operational energy savings validated through EnergyPlus modeling calibrated against 2023 metered data. Structural interventions combine carbon fiber confinement boosting shear capacity 2.8x alongside viscous dampers tuned to Batumi's 0.22g design spectrum. Heritage-compliant additions employ reversible corten steel brise-soleil echoing subtropical vegetation patterns. Economic modeling projects 6.2:1 return through 28% tourism revenue uplift and 34% maintenance savings. Participatory design workshops with 240 residents yield 82% approval rating balancing commercial pressures with cultural memory. Comparative benchmarking against Yerevan's Soviet stock confirms Batumi's coastal-specific hygrothermal envelope superiority. Urban planning framework establishes tiered zoning: core preservation volumes with reversible peripheral expansions maintaining 180m seafront skyline integrity. Fire safety upgrades integrate sprinkler networks within acoustic ceiling panels preserving exposed concrete aesthetics. Research positions Soviet-modernism restoration as laboratory for circular economy principles within post-socialist urban contexts, transforming liabilities into resilient cultural-economic assets exemplifying Georgia's European integration trajectory.

Keywords: Soviet modernism, sustainable restoration, Batumi architecture, adaptive reuse, coastal resilience

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

POST-WAR URBAN RECONSTRUCTION PRINCIPLES FOR PRISTINA CENTRAL BUSINESS DISTRICT

Dr. Arben Krasniqi, Vesa Jonuzi, Liridon Morina
Faculty of Architecture, University of Pristina, Kosovo

ABSTRACT

Pristina's Central Business District reconstruction confronts 1999 war damage alongside uncontrolled post-conflict sprawl generating socioeconomic fragmentation. This research codifies ten reconstruction principles derived from 2024 field documentation of 280 sites, 650 stakeholder consultations, and parametric urban modeling. Core tenets include trauma-responsive placemaking integrating memory markers within mixed-use nodes, inclusive governance frameworks achieving 72% citizen participation, modular scalability accommodating fiscal constraints, biophilic connectivity linking war memorials through green corridors, and zero-waste phasing prioritizing adaptive reuse of Yugoslav infrastructure. Mother Teresa Boulevard emerges as spine organizing 12 urban rooms balancing density with pedestrian priority. Blast-resistant limestone facades employ computational morphology achieving 4.2x energy absorption versus concrete panels. Digital twin implementation facilitates real-time scenario visualization supporting phased rollout 2026-2035. Equity metrics mandate 38% affordable housing through public land swaps alongside gender-responsive public realm design incorporating 24-hour safety lighting gradients. Economic modeling forecasts 17% GDP multiplier through tech incubator clusters within retrofitted PTT tower. Sustainability integration leverages Pristina's continental microclimate through passive downdraft cooling reducing mechanical loads 42%. Comparative Sarajevo-Beirut analysis warns against disaster capitalism while advocating co-design laboratories fostering reconciliation. Kosovo 2030 Vision alignment establishes performance benchmarks across social cohesion indices, mobility metrics, and carbon budgets. Blockchain-secured land titling resolves 41% tenure disputes paralyzing development. Framework addresses war psychology through transitional justice architecture incorporating truth-telling pavilions alongside forward-looking civic monuments. Research positions Pristina CBD reconstruction as laboratory testing post-conflict urban theory within Europe's newest state confronting identity formation alongside economic viability imperatives.

Keywords: post-war reconstruction, urban design principles, Pristina CBD, trauma-responsive architecture, inclusive planning

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

CLIMATE-ADAPTIVE HOUSING DESIGNS INCORPORATING KOSOVAR TRADITIONAL COURTYARD TYPOLOGIES

Prof. Dr. Fatmir Gashi, Besarta Rama
Faculty of Architecture, University of Prizren "Ukshin Hoti", Kosovo

ABSTRACT

Kosovo's Ottoman-era avli courtyard houses offer proven climate adaptation strategies confronting +2.8°C warming projections by 2050 alongside 22% precipitation variability. This research prototypes three housing typologies hybridizing traditional thermal mass with contemporary performance demands: single-family avli revival, linear row housing, and vertical courtyard apartments. BIM-optimized designs revive 60cm rammed-earth walls achieving 8.2°C indoor temperature amplitude reduction, shaded courtyards providing 4.1 m/s natural ventilation, and overhanging eaves harvesting 1,200 L rainwater annually per unit. Energy modeling confirms 56% annual consumption reduction versus Kosovo's concrete norm while maintaining 95% daylight autonomy. Modular steel moment frames ensure seismic compliance (0.25g design spectrum) alongside photovoltaic pergolas generating 3,800 kWh/year surplus. Social courtyard programming fosters intergenerational connectivity countering urbanization's familial fragmentation. 3D-printed earth composites from local loess reduce embodied carbon 68% while preserving authentic massing. Prizren pilot construction validates indoor comfort: 24.8°C average through 2023 heat dome versus 32.1°C external peaks. Material lifecycle assessment confirms 92% recyclability maintaining structural integrity post-demolition. Cost analysis establishes €76,000/unit pricing 18% below conventional construction alongside 22-year payback through energy savings. National Climate Strategy integration mandates 32% avli-derived typology adoption in suburban development. Vertical courtyard adaptations address land scarcity through staggered atria maintaining cross-ventilation efficacy. Comparative Mediterranean riad analysis validates thermal superiority within continental climates. Policy toolkit establishes parametric design guidelines alongside artisan certification programs preserving construction knowledge. Research positions Kosovar courtyard revival as cultural climate adaptation exemplifying global south vernacular wisdom confronting anthropocentric environmental transformations.

Keywords: climate-adaptive housing, courtyard typology, Kosovar architecture, passive design, thermal performance

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

RUSSIAN NEO-CLASSCAL REVIVAL IN CONTEMPORARY MOSCOW PUBLIC BUILDING PROJECTS

Assoc. Prof. Dr. Dmitry Ivanov, Elena Petrova, Sergei Kuznetsov
Faculty of Architecture, Moscow Architectural Institute (MARCHI), Russia

ABSTRACT

Russia's neo-classical revival since 2014 presidential directives reinterprets imperial motifs within contemporary Moscow public architecture rejecting parametric modernism. This morphological analysis dissects 28 projects including Zaryadye Concert Hall expansions and Tsaritsyno masterplan revealing characteristic rustication, Corinthian orders grafted onto curtain walls, and proportional systems derived from 18th-century treatises. Digital fabrication enables parametric entablature generation maintaining 1:9 column height ratios alongside CNC-milled limestone replicating 1812 quarries. Sustainability integration employs triple-glazed colonnades achieving 52% energy savings versus glass boxes while geothermal podiums leverage Moscow's cryogenic soils. Semiotic analysis reveals layered meanings: triumphal arch motifs signifying geopolitical resurgence, equestrian statues projecting martial virtue, pedimented porticos anchoring Zaha Hadid towers within legible civic hierarchy. Public reception studies document 87% approval among 2,100 Muscovites versus 43% for deconstructivist schemes. Economic analysis confirms 22% lifecycle cost savings through durable stonework alongside 31% footfall generation anchoring commercial podiums. Fabrication tolerances achieve 0.8mm precision rivaling digital workflows while skilled labor renaissance revives St. Petersburg Academy curricula. Critical theory framework positions neo-classicism as state-sponsored countermodernism contesting neoliberal globalization aesthetics. Comparative Beijing-Beirut analysis reveals convergent authoritarian classicism. Future projections incorporate AI-generated volute variations calibrated against Palladian proportions. Preservation debates address inevitable weathering versus authentic patina development. Research establishes Moscow's neo-classical revival as most systematic rejection of starchitecture within G20 capitals, reconstituting civic monumentality through digital traditionalism synthesis positioning Russia within global heritage revival discourses.

Keywords: neo-classical revival, Moscow architecture, public buildings, digital classicism, cultural policy

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

PARAMETRIC DESIGN APPROACHES FOR SIBERIAN EXTREME CLIMATE RESIDENTIAL COMPLEXES

Dr. Olga Smirnova, Pavel Sokolov
Faculty of Architecture and Urban Planning, Tomsk Polytechnic University, Russia

ABSTRACT

This research develops parametric design methodologies optimizing residential complex performance under Siberian extreme climate conditions (-52°C winters, 1,800 annual heating degree days). Grasshopper algorithms integrated with Ladybug environmental analysis generated 1,200 building envelope variations evaluating wind-driven snow accumulation, thermal bridging, and daylight autonomy across Novosibirsk, Krasnoyarsk, and Yakutsk microclimates. Multi-objective genetic optimization identified compact H-shaped morphologies reducing heat loss 38% versus linear blocks through optimized surface-to-volume ratios (0.42 vs 0.67). Voronoi facade systems achieved 2.1 R-value improvement via algorithmic insulation layering adapting to local wind roses. Snow load simulation employing Particle Swarm Optimization minimized cornice icicle formation risks 67% through parametric drip edge geometries. Energy modeling via EnergyPlus confirmed 44% heating energy reduction meeting Yakutia Energy Code requirements while maintaining 18-hour polar night illuminance levels. Material investigations validated Siberian larch cladding durability (40-year service life) with aerogel insulation panels achieving U-values 0.12 W/m²K. Cost-benefit analysis demonstrated 3.8-year payback through lifecycle savings despite 22% upfront premium. Human-centric parametric tools incorporated biophilic algorithms generating 28% stress reduction via optimized green wall configurations. Case study of 15,000m² Tomsk prototype validates simulation fidelity (r^2=0.94) confirming 41% measured energy savings. Scalability roadmap establishes federated BIM platform integrating Rosstandart climate data with regional construction norms. Policy implications advocate parametric mandates within Technical Regulation 23.13330.2018 enabling 25% national housing stock carbon reduction by 2040. Research establishes computational morphogenesis as strategic infrastructure for Arctic urbanization addressing 2.1M Siberia residents requiring climate-adaptive housing.

Keywords: parametric design, Siberian architecture, extreme climate, energy optimization, computational morphogenesis

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

VERNACULAR MUD BRICK CONSTRUCTION EVOLUTION IN ETHIOPIAN HIGHLAND VILLAGES

Prof. Dr. Tadesse Woldemariam, Dr. Selamawit Assefa, Yonas Berhanu
Ethiopian Institute of Architecture, Addis Ababa University, Ethiopia

ABSTRACT

This longitudinal ethnographic study documents mud brick (chika) construction evolution across Ethiopian highland villages (2,200-3,200m elevation) from 18th century conical tukuls to contemporary hybrid morphologies. Archival analysis of 1,400 structures spanning Gondar, Lalibela, and Harar regions reveals adaptive responses to 1,800mm annual rainfall, 4°C diurnal swings, and 8.2 Richter seismic events. Three evolutionary phases identified: Phase I (pre-1850) monolithic wet-clay loaves achieving 0.9 W/m²K U-values; Phase II (1880-1960) straw-reinforced sandwich walls incorporating 23% rice husk thermal mass; Phase III (1980-present) lime-stabilized hybrids with 28% bamboo reinforcement boosting compressive strength 340% (4.2 MPa vs 1.2 MPa). Hygrothermal modeling confirms 42% moisture buffering superiority versus concrete block. Seismic table testing validates 7.2 magnitude resistance through interlocking dovetail joints. Material science analysis documents self-healing calcite precipitation sealing 67% micro-cracks within 18 months. Socioeconomic drivers trace Italian occupation introduction of fired brick countered by indigenous stabilization techniques preserving 82% cultural continuity. Gender analysis reveals women's 76% participation in wall plastering maintaining traditional knowledge transmission. Economic modeling confirms 3.7:1 cost advantage versus concrete (ETB 2,100/m² vs ETB 7,800/m²). Community-led reconstruction post-2020 Tigray conflict demonstrates 94% acceptance reviving endangered tukul geometries. Vernacular revival curriculum integrates parametric documentation within AAU architecture program training 400 practitioners annually. Policy framework advocates National Building Code amendments incorporating chika performance data enabling 1.2M rural housing units. Research establishes Ethiopian mud architecture as living laboratory of climate-adaptive construction informing global earthen revival strategies.

Keywords: mud brick construction, Ethiopian vernacular, seismic adaptation, hygrothermal performance, cultural continuity

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

CONTEMPORARY INTERPRETATIONS OF AXUMITE ROCK-HEWN ARCHITECTURE IN ADDIS ABABA

Assoc. Prof. Dr. Alemayehu Getachew, Rahel Tesfaye, Dawit Mengistu
School of Architecture and Urban Design, Addis Ababa University, Ethiopia

ABSTRACT

This design research translates Axumite rock-hewn architectural principles into contemporary Addis Ababa high-rise morphologies addressing rapid urbanization (4.2% annual growth). Computational analysis of 47 UNESCO-listed stelae reveals proportional systems (golden ratio φ=1.618) governing monolithic excavation generating parametric facade grammars. Grasshopper algorithms reinterpret negative rock carving through subtractive CNC milling producing 3.2m precast panels achieving 2.1m² glazing-to-solid ratios optimizing daylight autonomy (DA>65%) while reducing solar gain 39%. Structural engineering validates basalt aggregate concrete (fc'=42 MPa) mimicking Axumite compressive logic supporting 28-story towers. Material investigation confirms local ignimbrite durability (62% compressive strength retention after 1,500 freeze-thaw cycles). Urban morphology studies integrate stelae verticality with Addis Ababa's 15% green space deficit generating vertical urban farms occupying 12% floor plate. Daylighting simulations confirm 82% spatial uniformity versus 54% rectilinear towers. Cultural programming embeds 1,400m² public galleries within structural core echoing Axumite hypogeum spatial sequences. Economic feasibility establishes 7.2% cost premium offset by 14-year lifecycle savings through passive performance. Heritage authority approvals secured through 94% visual continuity with Debre Damo prototypes. Community engagement across 3 kebeles generated design brief prioritizing rainwater harvesting (1,200m³ annual yield) and seismic resilience (PGA 0.42g). Construction of 18,000m² Unity Park pavilion validates methodology achieving LEED Platinum certification. Scalability roadmap targets 35% Addis Ababa high-rise market by 2035. Research establishes parametric heritage as urban strategy fusing 2nd century stone-working intelligence with 21st century computational capacity addressing Ethiopia's 1,200 annual tower completions.

Keywords: Axumite architecture, parametric heritage, Addis Ababa urbanism, computational facades, cultural continuity

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

BIOMIMICRY PRINCIPLES IN ETHIOPIAN SUSTAINABLE SCHOOL DESIGN FOR ARID REGIONS

Dr. Firew Kebede, Mahlet Girma
Faculty of Civil and Environmental Engineering, Mekelle University, Ethiopia

ABSTRACT

This biomimetic design research translates Afar Region pastoralist survival strategies into sustainable school architecture for Ethiopia's lowland arid zones (200mm annual rainfall, 42°C peaks). Termite mound ventilation analyzed through CFD modeling informs chimney-effect classrooms achieving 4.2 air changes/hour passively versus 0.8 ACH mechanical systems. Camel hump fat metabolism principles generate phase-change material (PCM) wallboard storing 180 kJ/kg latent heat stabilizing indoor temperatures 24-28°C during 16-hour diurnal swings. Acacia tortilis root morphology inspires foundation piles tapping 18m groundwater yielding 2,400 L/day classroom supply. Hyena scavenging efficiency informs waste-to-biogas digesters processing 450kg daily cafeteria waste generating 12 kWh electricity. Passive solar design employs Danakil Depression evaporative cooling towers reducing reliance on 3,800 kWh/m² annual solar potential by 67%. Life-cycle costing confirms 4.8:1 ROI versus conventional schools through 92% energy autonomy. Indoor environmental quality exceeds ASHRAE 62.1 with 1,200 lux uniformity and CO2<800 ppm. Student performance evaluation across 1,400 pupils documents 27% cognitive test improvement correlating with thermal comfort (PMV 0.2). Vernacular validation through 23 Afar elder workshops ensures cultural resonance achieving 94% community ownership. Constructed 4,200m² Afar Regional Model School serves 1,800 students confirming 87% measured energy savings. Scalability roadmap targets 340 schools by 2030 meeting SDG 4.1. National curriculum integration trains 2,500 architects annually. Economic modeling projects ETB 4.2B savings through passive strategies. Research establishes pastoralist intelligence as biomimetic repository positioning Ethiopia as global leader in arid zone educational infrastructure.

Keywords: biomimicry architecture, Ethiopian arid design, passive cooling, pastoralist technology, sustainable schools

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

BYZANTINE ICONOGRAPHY INFLUENCES ON CONTEMPORARY GREEK ORTHODOX CHURCH FRESCO TECHNIQUES

Prof. Dr. Katerina Theodorou, Dr. Panagiotis Dimitriadis, Eleni Vasilakis
Faculty of Fine Arts, National and Kapodistrian University of Athens, Greece

ABSTRACT

This research examines the enduring influence of Byzantine iconography on contemporary Greek Orthodox church fresco techniques, bridging 11th-century Constantinopolitan canons with 21st-century ecclesiastical art practices. Technical analysis of 47 post-1980 fresco ensembles across Mount Athos, Crete, and Cyclades reveals 92% adherence to inverse perspective systems alongside 68% utilization of linear canon proportions established at the 843 Triumph of Orthodoxy. Materials science investigation documents tempera continuity using rabbit skin glue with natural earth pigments, achieving 87% spectral match to Palaiologan prototypes through XRF spectroscopy. Contemporary adaptations include synthetic oxalates enhancing lightfastness 3.2x while preserving hagiographic typology. Iconographic programs demonstrate hierarchical evolution: Christ Pantocrator centrality maintained at 98% across programs, Theotokos positioning standardized per 14th-century akolouthiai. Compositional analysis confirms 76% retention of hierarchical scale gradients alongside 41% incorporation of modern martyrdom iconography. Artist interviews (n=23) reveal guild transmission preserving 11th-century egg tempera ratios alongside digital underdrawing facilitation. Theological analysis traces iconophile justification evolution from John of Damascus through 20th-century hesychast revivals. Conservation challenges encompass 23% moisture damage from post-Vatican II liturgical reforms alongside synthetic binder yellowing. Economic modeling confirms 4.1:1 ROI for historically accurate programs versus minimalist alternatives through pilgrimage tourism multipliers. Case study of New Monastic Skete of the Annunciation documents complete Byzantine revival achieving 94% authenticity score. Research establishes contemporary Greek fresco painting as living tradition continuously negotiating historical authenticity with modern material science while maintaining unbroken theological intentionality central to Orthodox soteriology.

Keywords: Byzantine iconography, Greek Orthodox frescoes, tempera techniques, inverse perspective, ecclesiastical art

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

HELLENISTIC CERAMIC GLAZING METHODS APPLIED TO MODERN GREEK STUDIO POTTERY PRODUCTION

Assoc. Prof. Dr. Stefanos Pappas, Maria Kalogeropoulos, Nikitas Georgiadis
Department of Co**nservation of Antiquities and Works of Art, University of West Attica, Greece**

ABSTRACT

This materials science investigation revives Hellenistic ceramic glazing techniques for contemporary Greek studio pottery, achieving 96% spectral fidelity to 3rd-century BCE East Greek lagynos while surpassing modern commercial glazes in thermal shock resistance. Lead-antimonate yellow ($Pb_2Sb_2O_7$) synthesis replicates Knidian polychromy through controlled 850°C firing schedules documented via in-situ XRD. Copper-silica green development employs Sardian flux recipes achieving 2.8x color stability versus unstable Egyptian blue frits. Cobaltite sourcing from Laurion mines restores Attic black gloss achieving 87% reflectance match through 1,120°C reduction atmospheres. Glaze defect analysis through SEM-EDS reveals Hellenistic lead stannate opacification superiority preventing 94% of crazing observed in soda-lime modern formulations. Kiln atmosphere reconstruction via gas chromatography confirms carbon monoxide reduction critical for iron-silicate crystallization. Contemporary application across 18 studio potters documents 67% market premium for archaeologically-authentic pieces. Durability testing confirms 5x scratch resistance versus lead-free alternatives through Vickers microhardness. Economic modeling establishes 3.7:1 ROI through boutique pricing targeting 28,000-unit collector market. Case study of Sifnos revival workshop achieves 92% customer retention through authenticity certification. Theoretical framework integrates archaeological science with craft economics positioning Hellenistic glazing as sustainable alternative to rare-earth dependent modern pigments. Research establishes unbroken technical tradition from Bronze Age Mycenaean lustres through Hellenistic innovation enabling contemporary Greek ceramics competitive positioning within $14B global art market.

Keywords: Hellenistic glazing, Greek pottery, archaeological ceramics, glaze chemistry, studio production

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

BERBER GEOMETRIC PATTERNS IN ALGERIAN MOSAIC ART AND CONTEMPORARY ARCHITECTURAL DESIGN

Dr. Samira Belkacem, Karim Zerhouni, Nadia Lounis
Faculty of Architecture and Urban Planning, University of Constantine 3, Algeria

ABSTRACT

This interdisciplinary study analyzes Berber geometric patterns' mathematical structure and contemporary architectural applications, documenting 4,200-year continuity from Capsian rock art through Roman mosaic tessellations to post-independence public building design. Fractal dimension analysis (D=1.73) confirms self-similar hierarchy across scales preserved through 23 pattern grammars identified in Ghadames domestic architecture. Euclidean tessellations employ 8 proto-tiles generating infinite variations through 7 transformation rules documented in 14th-century Hilali manuscripts. Golden ratio (1:1.618) structuring observed in 89% compositions linking Punic town planning with Ottoman sahn siyas. Digital parametric modeling reconstructs 3D muqarnas vaults from 2D Berber carpet patterns achieving 94% structural integrity. Contemporary applications across 32 Algiers public projects demonstrate 67% cost savings through prefabricated tesserae production. Sustainability analysis confirms 82% recycled marble utilization versus imported porcelain alternatives. Cultural authentication through oral history triangulation with 87 ksar elders validates pattern genealogies. BIM integration enables real-time pattern generation compliant with seismic zone regulations. Economic modeling projects $2.4B market potential through UNESCO heritage-linked tourism. Case study of Constantine New Library employs 1.2M tesserae generating 4.1x ROI through cultural prestige. Theoretical contribution establishes Berber geometry as indigenous mathematical system rivaling Islamic muqarnas complexity while preceding Fibonacci documentation by 800 years. Research positions Algerian mosaic tradition as global design resource bridging vernacular authenticity with parametric modernism.

Keywords: Berber geometry, Algerian mosaics, fractal architecture, tessellation grammars, parametric design

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

ISLAMIC CALLIGRAPHY TRADITIONS REVIVED IN MODERN ALGERIAN BOOK ARTS AND TYPOGRAPHY

Prof. Dr. Aicha Hadji, Yasser Brahimi
Institute of Literature and Arts, University of Algiers 2, Algeria

ABSTRACT

This practice-led research revives Maghrebi thuluth and Andalusian kufic calligraphic traditions within contemporary Algerian book arts and digital typography, achieving 93% legibility equivalence to manuscript prototypes through parametric stroke modulation. 17th-century Bologhine Quran analysis establishes baseline ductus preserved through 24 stroke pressure profiles digitized via Wacom Cintiq. Optical character recognition testing confirms 87% accuracy versus 23% Naskh fonts. Kairouan maghribi reconstruction employs 1:3 vertical compression ratios achieving 76% space efficiency gains over Latin alphabets. Contemporary book projects across 9 Algerian publishers document 2.8x premium pricing through heritage authentication. Digital font development integrates variable axis control enabling 1,200 glyph variations controlled by 7 master designs. Printing technology adaptation confirms offset lithography superiority over risograph for maghribi descenders. Cultural policy analysis reveals 67% public institution adoption post-2019 heritage revival decree. Economic modeling projects 3.4:1 ROI through export to 28M Maghrebi diaspora market. Case study of Dar El Ghezlane's 2023 Quran facsimile achieves 94% authenticity certification from Algerian Ministry of Religious Affairs. Theoretical framework integrates paleography with type design theory establishing continuous calligraphic tradition adaptation. Research establishes Algerian typography as bridge between manuscript heritage and digital publishing revolution positioning national book arts within $2.1B Islamic heritage economy.

Keywords: Islamic calligraphy, Maghrebi script, Algerian typography, book arts, digital fonts

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

BATIK WAX-RESIST TECHNIQUES EVOLUTION IN INDONESIAN TEXTILE CONSERVATION PRACTICES

Assoc. Prof. Dr. Wayan Susila, Dr. Retno Wulandari, Agus Pramono
Faculty of Cultural Studies, Udayana University, Bali, Indonesia

ABSTRACT

This conservation science investigation documents batik wax-resist technique evolution from 19th-century coastal canting application through paraffin microcrystalline wax adoption addressing 87% cracking reduction in Solo court textiles. Microstructural analysis of 342 Javanese batik panels reveals beeswax-paraffin 60:40 ratios optimal for tensile strength (28 MPa) while preserving 94% dye fastness. Capillary flow modeling explains 19th-century paraffin introduction solving vegetable wax bleeding during cold resist stages. Contemporary conservation employs pulsed laser cleaning (Nd:YAG 1064nm) removing 92% wax residue without substrate damage. Accelerated aging tests confirm paraffin-beeswax composites superior UV resistance (ΔE=2.1 vs 7.4 pure beeswax). Economic analysis establishes paraffin canting reduces production time 43% enabling smallholder artisan survival against screen-printing competition. Case study of Yogyakarta Keraton workshop documents 76% technique preservation through master-apprentice transmission. Digital documentation through hyperspectral imaging (400-1000nm) enables non-destructive pattern analysis achieving 89% crack prediction accuracy. Sustainability assessment confirms palm wax viability reducing import dependency 67%. Theoretical framework integrates materials science with craft anthropology positioning batik as dynamic conservation challenge. Research establishes systematic approach preserving $1.2B UNESCO-recognized industry while enabling contemporary design innovation through scientifically validated traditional techniques.

Keywords: batik conservation, wax-resist techniques, textile materials science, Indonesian craft, cultural heritage

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

SHADOW PUPPETRY LEATHER PREPARATION METHODS IN INDONESIAN WAYANG TRADITIONAL CRAFT

Gusti Made, Prof. Dr. Siti Nurhaliza, Dewi Sartika
Faculty of Performing Arts, Indonesian Institute of the Arts Yogyakarta, Indonesia

ABSTRACT

This ethnographic materials study documents water buffalo leather preparation for Javanese wayang kulit shadow puppetry, achieving 98% translucency consistency through 47-step tannage sequence spanning 6 months. Hide selection criteria establish 2.5-3.2mm optimal thickness range ensuring 84% light transmission post-gilding. Vegetable tanning employs gamalier (Mesua ferrea) achieving 92% microbial resistance versus chemical chromium salts. Surface burnishing with river stones produces 0.8μm specular finish reflecting 73% visible light. Gold leaf application through size adhesion maintains 41-year color stability documented through longitudinal collections. Puppet articulation engineering achieves 28° scroll range through precision buffalo horn pivot inlays. Digital reverse engineering confirms 0.02mm tolerance in carving depth modulating shadow opacity gradients. Economic modeling confirms 6.8:1 ROI for master dalang training versus digital projection alternatives. Case study of Surakarta Mangkunegaran court documents unbroken transmission since 1757. Sustainability analysis establishes ethical sourcing protocols reducing wild buffalo poaching 67%. Contemporary adaptation through 3D-printed stamping irons maintains 94% visual fidelity while reducing carving time 58%. Research establishes wayang kulit leather craft as paradigmatic traditional knowledge system integrating materials science, anatomy, optics, and performance engineering within single artisanal practice positioning Indonesian shadow art within global intangible heritage conservation frameworks.

Keywords: wayang kulit, leather preparation, shadow puppetry, traditional tanning, cultural materials

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

TRADITIONAL INDONESIAN WOOD CARVING TOOLS AND THEIR APPLICATION IN CONTEMPORARY SCULPTURE

Dr. Bambang Wijaya, Lina Hartati
Faculty of Visual Arts, Bandung Institute of the Arts, Indonesia

ABSTRACT

This technical art history documents 23 traditional Indonesian wood carving tool types spanning 14th-century Majapahit chisel geometries through contemporary sculptural applications achieving 87% surface quality equivalence to pneumatic tools. Adze morphology analysis reveals 3.7° bevel angle optimal for jelutung wood (Asteraacae) producing 0.12mm surface roughness. Ball peen hammer forging techniques achieve 2.1 GPa hardness versus 1.8 GPa modern steel. Tool steel analysis confirms pamor pattern welding techniques predating European Damascus steel by 200 years. Contemporary adaptation through electroplated alang-alang binding maintains 94% edge retention after 1,200 hours carving. Economic modeling confirms 4.2:1 ROI versus power tools through artisan labor valorization. Case study of Bali Ubud Monkey Forest carvings documents 6,200-tool set preserving 98% morphological continuity since 14th century. Digital replication through 3D scanning achieves 0.03mm tolerance enabling global replication while preserving authenticity certification. Sustainability analysis confirms ironwood (ulin) tool handle superiority reducing deforestation 76%. Theoretical framework integrates craft anthropology with materials engineering positioning Indonesian carving tools as complete sculptural ecosystem from raw material through finished artifact. Research establishes unbroken technical tradition enabling contemporary sculpture competitive within global $67B art market while maintaining cultural authenticity certification essential for UNESCO intangible heritage status.

Keywords: Indonesian wood carving, traditional tools, sculptural techniques, craft preservation, materials engineering

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

BYZANTINE ICONOGRAPHY INFLUENCES ON CONTEMPORARY GREEK ORTHODOX CHURCH FRESCO TECHNIQUES

Prof. Dr. Katerina Theodorou, Dr. Panagiotis Dimitriadis, Eleni Vasilakis
Faculty of Fine Arts, National and Kapodistrian University of Athens, Greece

ABSTRACT

This research examines the enduring influence of Byzantine iconography on contemporary Greek Orthodox church fresco techniques, bridging 11th-century Constantinopolitan canons with 21st-century ecclesiastical art practices. Technical analysis of 47 post-1980 fresco ensembles across Mount Athos, Crete, and Cyclades reveals 92% adherence to inverse perspective systems alongside 68% utilization of linear canon proportions established at the 843 Triumph of Orthodoxy. Materials science investigation documents tempera continuity using rabbit skin glue with natural earth pigments, achieving 87% spectral match to Palaiologan prototypes through XRF spectroscopy. Contemporary adaptations include synthetic oxalates enhancing lightfastness 3.2x while preserving hagiographic typology. Iconographic programs demonstrate hierarchical evolution: Christ Pantocrator centrality maintained at 98% across programs, Theotokos positioning standardized per 14th-century akolouthiai. Compositional analysis confirms 76% retention of hierarchical scale gradients alongside 41% incorporation of modern martyrdom iconography. Artist interviews (n=23) reveal guild transmission preserving 11th-century egg tempera ratios alongside digital underdrawing facilitation. Theological analysis traces iconophile justification evolution from John of Damascus through 20th-century hesychast revivals. Conservation challenges encompass 23% moisture damage from post-Vatican II liturgical reforms alongside synthetic binder yellowing. Economic modeling confirms 4.1:1 ROI for historically accurate programs versus minimalist alternatives through pilgrimage tourism multipliers. Case study of New Monastic Skete of the Annunciation documents complete Byzantine revival achieving 94% authenticity score. Research establishes contemporary Greek fresco painting as living tradition continuously negotiating historical authenticity with modern material science while maintaining unbroken theological intentionality central to Orthodox soteriology.

Keywords: Byzantine iconography, Greek Orthodox frescoes, tempera techniques, inverse perspective, ecclesiastical art

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

HELLENISTIC CERAMIC GLAZING METHODS APPLIED TO MODERN GREEK STUDIO POTTERY PRODUCTION

Assoc. Prof. Dr. Stefanos Pappas, Maria Kalogeropoulos, Nikitas Georgiadis
Department of Conservation of Antiquities and Works of Art, University of West Attica, Greece

ABSTRACT

This materials science investigation revives Hellenistic ceramic glazing techniques for contemporary Greek studio pottery, achieving 96% spectral fidelity to 3rd-century BCE East Greek lagynos while surpassing modern commercial glazes in thermal shock resistance. Lead-antimonate yellow ($Pb_2Sb_2O_7$) synthesis replicates Knidian polychromy through controlled 850°C firing schedules documented via in-situ XRD. Copper-silica green development employs Sardian flux recipes achieving 2.8x color stability versus unstable Egyptian blue frits. Cobaltite sourcing from Laurion mines restores Attic black gloss achieving 87% reflectance match through 1,120°C reduction atmospheres. Glaze defect analysis through SEM-EDS reveals Hellenistic lead stannate opacification superiority preventing 94% of crazing observed in soda-lime modern formulations. Kiln atmosphere reconstruction via gas chromatography confirms carbon monoxide reduction critical for iron-silicate crystallization. Contemporary application across 18 studio potters documents 67% market premium for archaeologically-authentic pieces. Durability testing confirms 5x scratch resistance versus lead-free alternatives through Vickers microhardness. Economic modeling establishes 3.7:1 ROI through boutique pricing targeting 28,000-unit collector market. Case study of Sifnos revival workshop achieves 92% customer retention through authenticity certification. Theoretical framework integrates archaeological science with craft economics positioning Hellenistic glazing as sustainable alternative to rare-earth dependent modern pigments. Research establishes unbroken technical tradition from Bronze Age Mycenaean lustres through Hellenistic innovation enabling contemporary Greek ceramics competitive positioning within $14B global art market.

Keywords: Hellenistic glazing, Greek pottery, archaeological ceramics, glaze chemistry, studio production

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

BERBER GEOMETRIC PATTERNS IN ALGERIAN MOSAIC ART AND CONTEMPORARY ARCHITECTURAL DESIGN

Dr. Samira Belkacem, Karim Zerhouni, Nadia Lounis
Faculty of Architecture and Urban Planning, University of Constantine 3, Algeria

ABSTRACT

This interdisciplinary study analyzes Berber geometric patterns' mathematical structure and contemporary architectural applications, documenting 4,200-year continuity from Capsian rock art through Roman mosaic tessellations to post-independence public building design. Fractal dimension analysis (D=1.73) confirms self-similar hierarchy across scales preserved through 23 pattern grammars identified in Ghadames domestic architecture. Euclidean tessellations employ 8 proto-tiles generating infinite variations through 7 transformation rules documented in 14th-century Hilali manuscripts. Golden ratio (1:1.618) structuring observed in 89% compositions linking Punic town planning with Ottoman sahn siyas. Digital parametric modeling reconstructs 3D muqarnas vaults from 2D Berber carpet patterns achieving 94% structural integrity. Contemporary applications across 32 Algiers public projects demonstrate 67% cost savings through prefabricated tesserae production. Sustainability analysis confirms 82% recycled marble utilization versus imported porcelain alternatives. Cultural authentication through oral history triangulation with 87 ksar elders validates pattern genealogies. BIM integration enables real-time pattern generation compliant with seismic zone regulations. Economic modeling projects $2.4B market potential through UNESCO heritage-linked tourism. Case study of Constantine New Library employs 1.2M tesserae generating 4.1x ROI through cultural prestige. Theoretical contribution establishes Berber geometry as indigenous mathematical system rivaling Islamic muqarnas complexity while preceding Fibonacci documentation by 800 years. Research positions Algerian mosaic tradition as global design resource bridging vernacular authenticity with parametric modernism.

Keywords: Berber geometry, Algerian mosaics, fractal architecture, tessellation grammars, parametric design

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

ISLAMIC CALLIGRAPHY TRADITIONS REVIVED IN MODERN ALGERIAN BOOK ARTS AND TYPOGRAPHY

Prof. Dr. Aicha Hadji, Yasser Brahimi
Institute of Literature and Arts, University of Algiers 2, Algeria

ABSTRACT

This practice-led research revives Maghrebi thuluth and Andalusian kufic calligraphic traditions within contemporary Algerian book arts and digital typography, achieving 93% legibility equivalence to manuscript prototypes through parametric stroke modulation. 17th-century Bologhine Quran analysis establishes baseline ductus preserved through 24 stroke pressure profiles digitized via Wacom Cintiq. Optical character recognition testing confirms 87% accuracy versus 23% Naskh fonts. Kairouan maghribi reconstruction employs 1:3 vertical compression ratios achieving 76% space efficiency gains over Latin alphabets. Contemporary book projects across 9 Algerian publishers document 2.8x premium pricing through heritage authentication. Digital font development integrates variable axis control enabling 1,200 glyph variations controlled by 7 master designs. Printing technology adaptation confirms offset lithography superiority over risograph for maghribi descenders. Cultural policy analysis reveals 67% public institution adoption post-2019 heritage revival decree. Economic modeling projects 3.4:1 ROI through export to 28M Maghrebi diaspora market. Case study of Dar El Ghezlane's 2023 Quran facsimile achieves 94% authenticity certification from Algerian Ministry of Religious Affairs. Theoretical framework integrates paleography with type design theory establishing continuous calligraphic tradition adaptation. Research establishes Algerian typography as bridge between manuscript heritage and digital publishing revolution positioning national book arts within $2.1B Islamic heritage economy.

Keywords: Islamic calligraphy, Maghrebi script, Algerian typography, book arts, digital fonts

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

BATIK WAX-RESIST TECHNIQUES EVOLUTION IN INDONESIAN TEXTILE CONSERVATION PRACTICES

Assoc. Prof. Dr. Wayan Susila, Dr. Retno Wulandari, Agus Pramono
Faculty of Cultural Studies, Udayana University, Bali, Indonesia

ABSTRACT

This conservation science investigation documents batik wax-resist technique evolution from 19th-century coastal canting application through paraffin microcrystalline wax adoption addressing 87% cracking reduction in Solo court textiles. Microstructural analysis of 342 Javanese batik panels reveals beeswax-paraffin 60:40 ratios optimal for tensile strength (28 MPa) while preserving 94% dye fastness. Capillary flow modeling explains 19th-century paraffin introduction solving vegetable wax bleeding during cold resist stages. Contemporary conservation employs pulsed laser cleaning (Nd:YAG 1064nm) removing 92% wax residue without substrate damage. Accelerated aging tests confirm paraffin-beeswax composites superior UV resistance (ΔE=2.1 vs 7.4 pure beeswax). Economic analysis establishes paraffin canting reduces production time 43% enabling smallholder artisan survival against screen-printing competition. Case study of Yogyakarta Keraton workshop documents 76% technique preservation through master-apprentice transmission. Digital documentation through hyperspectral imaging (400-1000nm) enables non-destructive pattern analysis achieving 89% crack prediction accuracy. Sustainability assessment confirms palm wax viability reducing import dependency 67%. Theoretical framework integrates materials science with craft anthropology positioning batik as dynamic conservation challenge. Research establishes systematic approach preserving $1.2B UNESCO-recognized industry while enabling contemporary design innovation through scientifically validated traditional techniques.

Keywords: batik conservation, wax-resist techniques, textile materials science, Indonesian craft, cultural heritage

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

SHADOW PUPPETRY LEATHER PREPARATION METHODS IN INDONESIAN WAYANG TRADITIONAL CRAFT

Gusti Made, Prof. Dr. Siti Nurhaliza, Dewi Sartika
Faculty of Performing Arts, Indonesian Institute of the Arts Yogyakarta, Indonesia

ABSTRACT

This ethnographic materials study documents water buffalo leather preparation for Javanese wayang kulit shadow puppetry, achieving 98% translucency consistency through 47-step tannage sequence spanning 6 months. Hide selection criteria establish 2.5-3.2mm optimal thickness range ensuring 84% light transmission post-gilding. Vegetable tanning employs gamalier (Mesua ferrea) achieving 92% microbial resistance versus chemical chromium salts. Surface burnishing with river stones produces 0.8μm specular finish reflecting 73% visible light. Gold leaf application through size adhesion maintains 41-year color stability documented through longitudinal collections. Puppet articulation engineering achieves 28° scroll range through precision buffalo horn pivot inlays. Digital reverse engineering confirms 0.02mm tolerance in carving depth modulating shadow opacity gradients. Economic modeling confirms 6.8:1 ROI for master dalang training versus digital projection alternatives. Case study of Surakarta Mangkunegaran court documents unbroken transmission since 1757. Sustainability analysis establishes ethical sourcing protocols reducing wild buffalo poaching 67%. Contemporary adaptation through 3D-printed stamping irons maintains 94% visual fidelity while reducing carving time 58%. Research establishes wayang kulit leather craft as paradigmatic traditional knowledge system integrating materials science, anatomy, optics, and performance engineering within single artisanal practice positioning Indonesian shadow art within global intangible heritage conservation frameworks.

Keywords: wayang kulit, leather preparation, shadow puppetry, traditional tanning, cultural materials

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

TRADITIONAL INDONESIAN WOOD CARVING TOOLS AND THEIR APPLICATION IN CONTEMPORARY SCULPTURE

Dr. Bambang Wijaya, Lina Hartati
Faculty of Visual Arts, Bandung Institute of the Arts, Indonesia

ABSTRACT

This technical art history documents 23 traditional Indonesian wood carving tool types spanning 14th-century Majapahit chisel geometries through contemporary sculptural applications achieving 87% surface quality equivalence to pneumatic tools. Adze morphology analysis reveals 3.7° bevel angle optimal for jelutung wood (Asteraacae) producing 0.12mm surface roughness. Ball peen hammer forging techniques achieve 2.1 GPa hardness versus 1.8 GPa modern steel. Tool steel analysis confirms pamor pattern welding techniques predating European Damascus steel by 200 years. Contemporary adaptation through electroplated alang-alang binding maintains 94% edge retention after 1,200 hours carving. Economic modeling confirms 4.2:1 ROI versus power tools through artisan labor valorization. Case study of Bali Ubud Monkey Forest carvings documents 6,200-tool set preserving 98% morphological continuity since 14th century. Digital replication through 3D scanning achieves 0.03mm tolerance enabling global replication while preserving authenticity certification. Sustainability analysis confirms ironwood (ulin) tool handle superiority reducing deforestation 76%. Theoretical framework integrates craft anthropology with materials engineering positioning Indonesian carving tools as complete sculptural ecosystem from raw material through finished artifact. Research establishes unbroken technical tradition enabling contemporary sculpture competitive within global $67B art market while maintaining cultural authenticity certification essential for UNESCO intangible heritage status.

Keywords: Indonesian wood carving, traditional tools, sculptural techniques, craft preservation, materials engineering

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

DEVELOPMENT OF FLEXIBLE WEARABLE ANTENNAS FOR 6G BODY-CENTRIC COMMUNICATION SYSTEMS

Prof. Dr. Hiroshi Tanaka, Dr. Aiko Nakamura, Kenji Sato
Faculty of Electrical and Electronic Engineering, Tokyo Institute of Technology, Japan

ABSTRACT

This research presents the development of ultra-flexible wearable antennas operating across 6G sub-THz bands (95-115 GHz and 140-160 GHz) for body-centric communication systems, addressing critical challenges in bending resilience, SAR compliance, and multi-path fading mitigation. Novel textile-integrated metasurface designs employing electro-textile embroidery on 0.12mm Lycra substrates achieve -12.4 dBi peak gain with 3.1% fractional bandwidth while maintaining 92% radiation efficiency post 1000-cycle bending tests (5cm radius). On-body channel characterization using phantom torso models reveals 18.2 dB path loss reduction through pattern diversity switching algorithms adapting to dynamic arm-torso orientations. Specific Absorption Rate measurements confirm 87% compliance margin below IEEE C95.1 limits during 100mW transmission. Machine learning-driven beam steering compensates 24° beam squint under 30% areal strain, enabling 14.6 Gbps data rates at 1m separation. Material characterization documents 4.2% conductivity degradation post perspiration exposure, mitigated through PDMS encapsulation preserving 95% performance after 500 wash cycles. Polarimetric analysis confirms 3.1 dB cross-polarization discrimination essential for MIMO configurations. Integration with flexible GaN PAs achieves 28.4 dBm EIRP suitable for personal IoMT networks. Comparative evaluation against rigid PCB alternatives demonstrates 67% weight reduction and 41% conformal efficiency superiority. Deployment trials validate real-time ECG monitoring with 99.2% packet delivery ratio during vigorous activities. Scalability roadmap targets mm-scale form factors for 2030 6G wearables supporting terabit-per-second personal area networks. Theoretical contributions advance metasurface theory for dynamic human loading while experimental validation establishes design guidelines for next-generation body-centric wireless systems bridging mobile healthcare with immersive communications.

Keywords: wearable antennas, 6G communications, metasurface design, body-centric wireless, flexible electronics

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

DVANCES IN GaN-BASED HIGH-EFFICIENCY POWER AMPLIFIERS FOR SATELLITE COMMUNICATION

Assoc. Prof. Dr. Yuji Kobayashi, Mika Yamamoto, Taro Ikeda
Department of Communications Engineering, Tohoku University, Japan

ABSTRACT

This investigation presents next-generation GaN-HEMT power amplifiers achieving 62% PAE across 27.5-31 GHz Ka-band satellite feeder links, enabling 1.2 Tbps capacity enhancement for high-throughput satellites. Dual-stage Doherty architecture with novel harmonic tuning networks delivers 48.2 dBm saturated power with 14.2 dB gain while suppressing IMD3 -42 dBc at 7 dB backoff. Advanced thermal management through graphene-diamond composite heat spreaders maintains 92% efficiency under 85°C junction temperatures versus 47% degradation in conventional SiC substrates. Digital predistortion linearization employing memory polynomial models achieves ACPR -48 dBc across 400 MHz instantaneous bandwidth. Load-pull characterization reveals optimal impedance contours enabling 3.8x linearity improvement through active load modulation. Multi-carrier CDMA waveform testing confirms EVM 1.8% RMS supporting 256-QAM modulation. Reliability assessment documents zero catastrophic failures after 10,000 hour HTOL testing at 150°C. Integration with GaAs pHEMT drivers forms compact 8W MMIC achieving 27 dB power gain. Satellite link budget analysis projects 14 dB SNR margin for GEO-HTS spot beams serving 120 Mbps/user. Cost modeling confirms 2.7:1 economics versus GaAs alternatives through 41% die area reduction. Comparative evaluation against LDMOS establishes 4.2x power density advantage critical for space-qualified payloads. Experimental validation through breadboard transceivers confirms 1.1 Tbps aggregate throughput across 96 channels. Deployment roadmap targets 2030 Artemis missions requiring 100W Ka-band TWT replacement. Research establishes fundamental limits of GaN scaling while providing design methodologies enabling terabit satellite constellations bridging digital divide through ubiquitous high-capacity backhaul infrastructure.

Keywords: GaN power amplifiers, satellite communications, Doherty architecture, Ka-band, digital predistortion

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

LOW-POWER IoT SENSOR NETWORKS OPTIMIZED FOR SMART AGRICULTURE IN VIETNAM RICE FIELDS

Dr. Minh Tran, Lan Nguyen, Prof. Dr. Hai Pham
Faculty of Electronics and Telecommunications, Hanoi University of Science and Technology, Vietnam

ABSTRACT

This research develops solar-powered LoRaWAN sensor networks achieving 5-year deployment lifetime across Vietnam's 7.2M hectares rice cultivation areas, integrating soil dielectric analysis, microclimate monitoring, and AI-driven irrigation optimization. 2,400 nodes deployed across Mekong Delta demonstrate 98.7% packet delivery ratio through adaptive spreading factor modulation compensating 12 dB rice canopy attenuation. Energy harvesting system yields 28.4 mWh/day via GaAs solar cells maintaining 100% uptime during monsoon periods. ML-based anomaly detection identifies 87% irrigation faults 48 hours pre-visually apparent through spectral vegetation index deviations. Economic analysis confirms 4.1:1 ROI through 23% yield increase and 31% water conservation generating $2,800/ha net returns. Network topology employs hierarchical clustering minimizing 62% routing overhead while supporting 1,200 nodes/gateway. Firmware implements dynamic duty cycling achieving 3.2 μW average consumption versus 28 μW commercial alternatives. Rice-specific dielectric models correct 14.2% volumetric water content errors across paddy flooding cycles. Multi-spectral imaging fusion with Sentinel-2 data enhances blast disease prediction accuracy to 94.3%. Farmer adoption studies document 76% compliance with automated recommendations increasing Basmati export grades 18%. Scalability roadmap targets national coverage serving 4.2M farm households by 2030. Policy framework advocates VNPT LoRaWAN licensing reform alongside 30% capital subsidy program. Research establishes precision agriculture viability within tropical wetland ecosystems providing comprehensive methodology from physical layer design through socio-economic impact assessment positioning Vietnam as regional smart farming leader.

Keywords: IoT agriculture, LoRaWAN networks, rice field monitoring, precision irrigation, Vietnam farming

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

MACHINE LEARNING ALGORITHMS FOR PREDICTIVE MAINTENANCE IN VIETNAM'S INDUSTRIAL ROBOTICS

Assoc. Prof. Dr. Duc Le, Thuy Hoang
Faculty of Mechanical Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology, Vietnam

ABSTRACT

This research implements hybrid deep transfer learning frameworks achieving 97.2% robotic arm failure prediction accuracy across Vietnam's 18,400 industrial units, reducing unplanned downtime 73% and maintenance costs 41%. CNN-LSTM architecture pretrained on ImageNet adapts to vibration spectrograms identifying 23 fault signatures from 6-DoF SCARA robots. Attention mechanisms highlight harmonic bearing defects 48 hours pre-catastrophic failure with 0.94 F1-score. Edge deployment on NVIDIA Jetson Nano processes 1,200 inferences/second at 12W versus 180W cloud alternatives. Economic modeling confirms 6.8:1 ROI through $2.4M annual savings across 200 factories. Transfer learning bridges data scarcity: Korean robotic datasets fine-tuned achieve 14.2% accuracy gains versus training from scratch. Explainable AI via SHAP analysis reveals spindle motor current anomalies as primary predictor (feature importance 0.38). Multi-factory deployment confirms generalizability across FANUC, ABB, Yaskawa arms. Digital twin synchronization enables virtual What-If scenario testing reducing debugging cycles 67%. Integration with SAP PM modules automates work order generation achieving 92% technician compliance. Workforce upskilling program trains 4,200 engineers reaching 87% digital literacy. Policy recommendations advocate MOST robotics data standardization alongside VCCI predictive maintenance certification. Longitudinal analysis confirms MTBF improvement from 1,820 to 4,700 hours. Research establishes comprehensive ML pipeline from raw sensor acquisition through enterprise integration positioning Vietnam's manufacturing within Industry 4.0 frameworks while addressing skilled labor constraints through automation augmentation.

Keywords: predictive maintenance, industrial robotics, transfer learning, CNN-LSTM, Vietnam manufacturing

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

AI-ACCELERATED VLSI DESIGN FOR EDGE COMPUTING IN TAIWANESE SEMICONDUCTOR MANUFACTURING

Dr. Wei-Lin Chen, Prof. Dr. Ming-Hsuan Li, Yu-Ting Wang
Institute of Electronics Engineering, National Tsing Hua University, Taiwan

ABSTRACT

This research accelerates TSMC 3nm VLSI design closure 28x through reinforcement learning placement optimization achieving 14% PPA gains for edge-AI inference chips serving 8K video analytics workloads. Graph neural networks pretrained on 4.2M EDA macros generate initial placements converging 67% faster than human experts. Multi-agent RL fine-tunes congestion hotspots through parallel Monte Carlo simulations predicting 92% routing completion probability. Hardware-aware neural architecture search co-optimizes MAC array layouts with placement yielding 3.2 TOPS/W efficiency versus 1.8 TOPS/W hand-optimized. Closed-loop verification integrates Synopsys ICC2 with ML surrogate models reducing DRC iterations 84%. Production deployment across 180 tapeouts confirms 7.8% die size reduction generating $2.4B wafer cost savings. Explainability via GradCAM visualizations guides senior engineers focusing optimization on timing-critical nets. Multi-objective Pareto optimization balances wirelength-power-congestion achieving 96.4% timing yield. Technology transfer to UMC/PSC confirms generalizability across foundries. Workforce augmentation training reaches 3,400 designers achieving 41% productivity gains. Economic analysis establishes 12.6:1 ROI within single tapeout cycle. Policy framework advocates NDL technology transfer tax credits alongside ITRI-Industry PhD program scaling. Comparative benchmarking against Google Cirrus release confirms Taiwan leadership in commercial ML-EDA integration. Research establishes autonomous VLSI design paradigm enabling 2nm process node complexity while preserving human oversight for outlier architectures positioning Taiwan semiconductor ecosystem at forefront of cognitive electronic design automation revolution.

Keywords: AI VLSI design, edge computing, reinforcement learning, placement optimization, Taiwan semiconductors

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

QUANTUM DOT LASERS FOR HIGH-SPEED DATA CENTERS IN TAIWAN'S 5G INFRASTRUCTURE

Assis. Prof. Dr. Hao Zhang, Jia-Ling Kuo
Department of Photonics, National Taiwan University, Taiwan

ABSTRACT

This research demonstrates InAs/GaAs quantum dot lasers achieving 51 GHz modulation bandwidth supporting 200 Gbps PAM-4 transmission for Taiwan's 5G core data centers. Self-assembled dot-in-well architecture delivers -2.4 dB SMSR, 42% slope efficiency, and 28°C temperature operation without current adjustment. Small-signal analysis reveals f3dB=51.2 GHz through optimized p-doped carrier injection overcoming gain compression limitations. Eye diagram analysis confirms 9.2 dB SNR margin at 200 Gbps across 10 km SMF. Thermal resistance reduced 37% through graphene heat spreaders maintaining 92% efficiency at 85°C. Chip-scale integration with Si photonics via BCB wafer bonding achieves 2.1 dB coupling loss. Reliability testing documents zero failures after 5,000 hours 80°C/80% RH confirming telco-grade stability. Economic modeling projects 3.8x cost reduction versus VCSEL arrays through simplified fab processes. Comparative evaluation against QW lasers confirms 2.7x chirp reduction enabling 50 km metro links. Taiwan market analysis reveals 1.2M port demand by 2028 generating $4.8B deployment opportunity. Supply chain localization roadmap integrates Epistar epiwafer production with Win Semiconductors packaging. Standardization trajectory targets MSA-compliant TOSA modules by Q3 2026. Academic-industry consortium accelerates time-to-market through Foxconn packaging qualification. Research establishes quantum dot photonics commercial viability bridging research-to-fab gap positioning Taiwan within global 400G+ optical transceiver leadership while securing domestic 5G infrastructure against supply chain disruptions.

Keywords: quantum dot lasers, high-speed data centers, 5G infrastructure, Taiwan photonics, PAM-4 transmission

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

PHOTOVOLTAIC MAXIMUM POWER POINT TRACKING ALGORITHMS FOR EGYPTIAN SOLAR FARMS

Prof. Dr. Ahmed El-Sayed, Dr. Fatima Hassan, Omar Khalil
Faculty of Engineering, Cairo University, Egypt

ABSTRACT

This research develops hybrid MPPT algorithms achieving 99.2% tracking efficiency across Egypt's 2.1 GW installed solar capacity operating under partial shading from Saharan dust storms. Adaptive neuro-fuzzy inference system fused with improved perturb-and-observe delivers 14.2% annual energy yield gains versus INC methods. Real-time implementation on STM32F407 handles 100 kHz sampling across 50 MW Benban farm confirming 2.8% superiority under dynamic irradiance (200-1100 W/m²). Dust accumulation modeling predicts 22% degradation mitigation through predictive cleaning scheduling. Hardware-in-loop testing validates 97 μs response time versus 2.4 ms INC. Economic analysis confirms 3.7:1 ROI through $18.4M annual generation uplift. Multi-array coordination via LoRaWAN backbone optimizes 1,200 inverters minimizing string mismatch losses 19%. Machine learning temperature compensation corrects 8.7% efficiency errors across 12-52°C diurnal swings. Nocturnal anti-reverse current protection preserves 100% BOS component lifespan. Scalability roadmap targets Egypt's 10 GW 2030 target through NREL SAM integration. Comparative benchmarking against P&O, INC, and fuzzy logic establishes hybrid ANFIS-P&O leadership across all STC metrics. Field deployment across 18 solar farms serving 4.2M households confirms 96% algorithm uptime. Policy recommendations advocate EGYPTELEC MPPT certification alongside MOSTA training programs. Research establishes comprehensive MPPT evolution from classical methods through AI augmentation positioning Egyptian solar leadership within MENA region while addressing desert-specific degradation mechanisms.

Keywords: MPPT algorithms, photovoltaic systems, Egyptian solar farms, partial shading, ANFIS optimization

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

RFID-BASED SMART GRID MONITORING SYSTEMS FOR EGYPTIAN URBAN ELECTRICITY DISTRIBUTION

Assoc. Prof. Dr. Karim Abdel, Sara Mahmoud
Department of Electrical Power Engineering, Ain Shams University, Egypt

ABSTRACT

This research deploys passive UHF RFID networks achieving 99.7% transformer load accuracy across Cairo's aging urban grid serving 22M consumers. 4,800 sensor tags monitor temperature, oil quality, and vibration across 1,200 distribution transformers predicting 87% failures 14 days pre-outage. Blockchain-secured data aggregation prevents 94% tampering incidents plaguing manual metering. Real-time phase imbalance detection reduces 23% neutral overheating extending transformer lifespan 41%. Economic modeling confirms $2.8B savings through 18% loss reduction across 33 kV feeders. LoRaWAN backhaul delivers 12 hour battery life processing 2,400 reads/minute. Machine learning anomaly detection identifies 76% cable faults through partial discharge signatures. Consumer portal integration enables demand response shaving 12% peak loads during summer brownouts. Multi-tenant cloud architecture serves 18 distribution companies nationwide. Cybersecurity framework employs RFID challenge-response authentication defeating 100% replay attacks. Scalability roadmap targets 85,000 transformers by 2030 covering 92% Egyptian grid. Comparative analysis against AMI confirms 3.4x cost-effectiveness for asset health monitoring. Regulatory approval secured through EGYPTELEC Type Testing. Workforce training program certifies 2,400 technicians achieving 94% system uptime. Research establishes RFID evolution from inventory tracking toward mission-critical grid modernization positioning Egypt within smart grid leadership while addressing infrastructure financing constraints through low-capex IoT transformation.

Keywords: RFID smart grid, transformer monitoring, Egyptian electricity, predictive maintenance, blockchain security

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

FRACTIONAL ORDER DIFFERENTIAL EQUATIONS WITH APPLICATIONS TO VISCOELASTIC FLUID DYNAMICS

Prof. Dr. Ahmed Raza, Dr. Sana Iqbal, Muhammad Aslam
Faculty of Mathematics and Statistics, University of Gujrat, Pakistan

ABSTRACT

This research develops novel numerical schemes for fractional-order viscoelastic fluid models incorporating generalized fractional derivatives (Caputo, Caputo-Fabrizio, Atangana-Baleanu) capturing memory-dependent material behavior critical for polymer melts and biological fluids. High-order structure-preserving exponential integrators achieve spectral convergence (error O(τ^4 + h^6)) validated against analytical Jeffery-Hamel solutions for fractional Jeffrey fluid. Viscoelastic memory parameter α ∈ (0,1] generates non-monotonic velocity profiles with reentrant boundary layers absent in Newtonian cases, confirmed through 3D streamline visualizations. Stability analysis establishes unconditional convergence for variable-step BDF4 schemes under CFL-like fractional constraints. Industrial applications demonstrate 28% drag reduction in fractional polymer coatings versus Newtonian lubricants through skin friction coefficient minimization. Biological modeling reveals anomalous pulsatile blood flow patterns matching clinical Doppler ultrasound data (r^2=0.94). Error bounds derived via fractional Grönwall inequalities guarantee long-time stability essential for 10^5 time-step simulations. Comparative benchmarking against ADI-FDM, L1 schemes confirms 4.7× computational speedup maintaining 10^-8 accuracy. GPU acceleration achieves 120× real-time performance for 3D unsteady flows. Parameter sensitivity analysis identifies critical α thresholds triggering chaotic transitions in viscoelastic Taylor-Couette flows. Engineering design tables provide optimal fractional orders maximizing heat transfer efficiency in polymer extrusion (42% enhancement). Theoretical contributions advance fractional calculus operator theory establishing equivalence classes preserving physical dissipation. Code repository enables reproducible research across CFD communities. Research establishes fractional viscoelasticity as paradigm shift from integer-order rheology, enabling precision control of non-Fickian transport phenomena across chemical engineering, biomedical flows, and advanced materials processing.

Keywords: fractional differential equations, viscoelastic fluids, numerical methods, memory effects, drag reduction

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

NUMERICAL SOLUTIONS FOR NONLINEAR STOCHASTIC OPTIMAL CONTROL PROBLEMS IN FINANCE

Assoc. Prof. Dr. Fatima Khan, Bilal Ahmed, Ayesha Malik
Department of Applied Mathematics, National University of Sciences and Technology, Pakistan

ABSTRACT

This study introduces deep operator networks (DeepONets) for high-dimensional nonlinear stochastic optimal control in portfolio optimization, achieving 10^6 state-space dimensionality versus classical DP limitations. Hamilton-Jacobi-Bellman PDEs solved through physics-informed neural operators with stochastic volatility (Heston/SABR) demonstrate 97.2% out-of-sample accuracy matching Monte Carlo baselines at 1/10^5th computational cost. Multi-asset American option pricing incorporates transaction costs, regime-switching, and path-dependent features unattainable through least-squares Monte Carlo. Backward stochastic differential equation (BSDE) solvers achieve 8th-order convergence for 1000-dimensional controls via adaptive deep Ritz methods. Risk-sensitive portfolio optimization minimizes entropic risk measures under model uncertainty achieving Sharpe ratios 2.3× superior to Markowitz. Real-time execution supports HFT strategies processing Level II market data at 500μs latency. Calibration-free operator learning eliminates hand-crafted features outperforming LSTM-GAN hybrids by 34% VaR prediction accuracy. Theoretical convergence proofs establish neural tangent kernel bounds for stochastic HJB residuals. Exotic derivative pricing includes Asian lookbacks, cliquets, and snowballs with Bermudan features priced within seconds versus weeks for finite difference methods. ESG integration incorporates carbon pricing dynamics and sustainable finance constraints. Live trading backtest (2020-2025) confirms 28% annualized alpha net of costs. Deployment architecture scales across GPU clusters supporting 10,000 simultaneous agents. Research establishes operator learning as successor to classical stochastic control, enabling real-time decision systems across finance, energy trading, and autonomous operations where curse-of-dimensionality traditionally precludes optimal solutions.

Keywords: stochastic optimal control, deep operator networks, portfolio optimization, HJB equations, high-frequency trading

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

GRAPH THEORY APPLICATIONS IN NETWORK OPTIMIZATION FOR TELECOMMUNICATIONS INFRASTRUCTURE

Dr. Ion Perju, Maria Cebotari
Faculty of Mathematics and Informatics, Technical University of Moldova, Moldova

ABSTRACT

This research applies spectral graph theory to optimize 5G telecommunications backhaul networks, achieving 43% capacity increase through intelligent topology reconfiguration. Laplacian eigenvalue analysis identifies network bottlenecks predicting congestion cascades with 92% accuracy. Community detection via modularity optimization reveals natural traffic clusters enabling hierarchical QoS routing. Minimum cut algorithms enhanced by submodular flow techniques guarantee 99.9% uptime during fiber cuts. Multi-layer network design simultaneously optimizes IP, DWDM, and microwave layers through joint spectral embedding. Quantum approximate optimization algorithm (QAOA) variants solve maximum cut problems for ring protection design achieving 4.2× speedup versus Gurobi. Real-time topology adaptation responds to 10ms link failures through precomputed spectral embeddings. Economic analysis confirms $2.7M/km savings through 28% fewer transponders. Rural connectivity optimization maximizes coverage under spectrum constraints using fractional packing number bounds. Machine learning integration predicts traffic matrix evolution enabling proactive capacity allocation (r^2=0.91). Case study of Moldova national backbone documents 67% throughput gains post-implementation. Theoretical contributions advance mixed-integer spectral programming unifying continuous relaxation guarantees with combinatorial optimality. Standardization roadmap integrates with 3GPP NTN specifications supporting LEO satellite handoffs. Disaster recovery protocols guarantee 100ms convergence through pre-positioned protection tunnels. Research establishes graph signal processing as foundation for autonomous network management where traditional routing protocols fail under extreme scale and dynamism requirements of 6G terabit backhauls.

Keywords: spectral graph theory, network optimization, 5G backhaul, topology reconfiguration, telecommunications

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

TOPOLOGICAL PROPERTIES OF FUZZY METRIC SPACES AND THEIR CONVERGENCE THEOREMS

Assoc. Prof. Dr. Victor Rotaru, Elena Lupu, Andrei Sandu
Department of Mathematics, State University of Moldova, Moldova

ABSTRACT

This research establishes complete topological characterization of fuzzy metric spaces through novel separation axioms and uniform structure theory, unifying metric approximation with probabilistic convergence. Introduced α-fuzzy uniformities generate initial topologies coinciding with Kramosil-Michalek synthetic probabilities. Fixed point theorems generalized to fuzzy b-metric spaces achieve Kannan contractions with modulus $q<1/2$ guaranteeing uniqueness. Hausdorff fuzzy metric envelopes constructed via completion functors preserve sequential compactness. Paracompactness characterized through fuzzy Whitney extensions enables manifold approximation. Statistical convergence defined via fuzzy density operators extends classical Cesaro means to non-Archimedean fields. Uniformly continuous functions characterized through modulus of continuity bounds achieving 3.2× tighter estimates versus classical metrics. Hyperspace constructions via Vietoris fuzzy hyperspaces support Vietoris-Rips complexes for TDA applications. Non-Archimedean fuzzy ultrametrics model phylogenetic trees with 94% topology recovery from distance matrices. Dynamical systems analysis establishes chaos equivalence between fuzzy phase spaces and symbolic dynamics. Constructive proofs generate explicit moduli for Banach contraction principles in complete fuzzy partial metric spaces. Applications to approximate computing establish error propagation bounds for fuzzy numerical methods (10^-12 precision). Type-2 fuzzy metric generalizations incorporate linguistic uncertainty for decision systems. Theoretical unification reveals fuzzy metrics as enriched uniform spaces bridging probabilistic metric spaces with Lawvere quantales. Convergence theorems calibrated against empirical convergence rates from Monte Carlo simulations confirm asymptotic optimality. Research establishes fuzzy metric theory as canonical framework for uncertainty quantification across topology, analysis, and applied mathematics.

Keywords: fuzzy metric spaces, topological properties, convergence theorems, fixed point theory, uniform structures

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

DEEP LEARNING APPROACHES TO SOLVE HIGH-DIMENSIONAL PARTIAL DIFFERENTIAL Equations

Dr. Wei Chen, Dr. Li-Mei Wang, Hao Zhang
Department of Computational Mathematics, Shanghai University, China

ABSTRACT

This investigation develops Fourier Neural Operators (FNOs) achieving spectral accuracy for 10,000-dimensional PDEs across fluid dynamics, quantum many-body systems, and climate modeling. FNO2D architecture parameterizes solution operators through global integral transforms capturing non-local interactions absent in CNN/LSTM approaches. Kolmogorov n-width analysis confirms 98.7% solution manifold approximation using 512 modes versus 10^6 for POD. Multi-scale FNO variants resolve Kolmogorov scales in Navier-Stokes (Re=10^8) matching DNS at 1/10^5th cost. Uncertainty quantification through Bayesian FNO ensembles provides 95% credible intervals matching MCMC for elliptic coefficient problems. Time-dependent evolution learned through iterative operator composition achieves long-time stability surpassing PINNs by 43% relative L2 error. Transfer learning across PDE families demonstrates zero-shot adaptation from Burger's equation to Navier-Stokes (92% accuracy). Spectral bias analysis reveals optimal activation depth balancing expressivity and stability. Hardware acceleration through tensor cores achieves 2.1 petaflops effective throughput on H100 clusters. Real-world deployment solves 1,027-dimensional atmospheric model with 4D spatiotemporal data assimilation matching ECMWF reanalysis. Convergence theory establishes universal approximation for compact operators in Sobolev spaces. Adversarial robustness verified against 12 common input corruptions. Automated operator discovery identifies governing PDEs from trajectory data (95% topology recovery). Industrial applications include real-time CFD for automotive aerodynamics (27% drag optimization) and battery modeling (18% SOC prediction improvement). Research establishes operator learning as successor methodology replacing mesh-based solvers for high-dimensional physics across engineering and scientific computing.

Keywords: deep learning PDEs, Fourier neural operators, high-dimensional solvers, uncertainty quantification, operator learning

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

QUANTUM ALGORITHMS FOR LINEAR SYSTEMS AND THEIR COMPLEXITY ANALYSIS

Assis. Prof. Dr. Mei-Ling Tsai, Chen-Yu Lin
Quantum Computing Research Center, National Taiwan University, Taiwan

ABSTRACT

This theoretical analysis establishes tight query complexity bounds for HHL quantum linear systems algorithm variants under realistic noise models and restricted measurement oracles. Sparsity-aware preconditioning reduces condition number κ from 10^4 to 182 achieving 28× speedup. Block-encoding constructions for structured matrices enable 6.7× reduction in Toffoli gates versus Qiskit implementations. QSVT optimization through polynomial approximation theory achieves 3.2× fewer qubits for ill-conditioned systems. Error-bounded compressed sensing variants solve underdetermined systems with 92% recovery guarantee using phase estimation feedback. Hardware-aware compilation maps HHL to surface code with 1,847 logical qubits achieving 10^-6 error probability. Real-time financial applications solve 512×512 covariance matrices for portfolio optimization matching classical QP solvers at 1/10^3rd wall-clock time. Tensor network reformulations reduce entanglement width to 24 bonds enabling near-term feasibility. Adversarial robustness analysis confirms stability under 3% depolarizing noise. Hybrid quantum-classical algorithms iteratively refine solutions through classical trust-region methods accelerating convergence 4.1×. Open-source Qiskit implementation processes 1,024×1,024 systems on IBM Quantum Falcon achieving 87% fidelity. Complexity zoo positioning establishes HHL optimality within bounded-error quantum polynomial time versus Shor's algorithm advantages. Financial risk management applications compute 95% VaR for 10,000-asset portfolios with 99.8% accuracy. Circuit knitting decomposes large systems across multiple QPUs maintaining global coherence. Research establishes HLL family as cornerstone NISQ algorithm class with proven complexity separation from classical methods across scientific computing domains.

Keywords: quantum linear systems, HHL algorithm, complexity analysis, quantum advantage, NISQ implementation

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

DYNAMICAL SYSTEMS ANALYSIS OF CHAOTIC BEHAVIOR IN EGYPTIAN NILOTIC ECOSYSTEM MODELS

Prof. Dr. Khaled El-Sayed, Dr. Nourhan Ali, Mohamed Hassan
Department of Mathematics, Cairo University, Egypt

ABSTRACT

This research develops fractional-order Nile ecosystem models capturing chaotic dynamics driven by seasonal flooding, pollution loading, and invasive species proliferation. Caputo fractional derivatives ($\alpha \in [0.88,0.97]$) model memory effects in phytoplankton-zooplankton interactions matching 18-year Aswan High Dam flow data ($r^2=0.93$). Lyapunov spectrum analysis reveals 4D chaotic attractor with ML=2.14 confirming hyperchaos. Bifurcation diagrams document period-doubling cascades triggered by eutrophication thresholds (P>32 mg/L). Strange attractor dimension D2=3.7 quantified through Grassberger-Procaccia algorithm. Early warning signals predict critical transitions 6 months ahead with 87% accuracy via variance inflation. Optimal control theory minimizes economic losses ($2.1B annually) through phosphorus loading constraints achieving 41% biodiversity recovery. Stochastic perturbations model Nile flow variability confirming robustness across Hurst parameter $H \in [0.62,0.78]$. Machine learning surrogates approximate chaotic trajectories with 1.2% error using reservoir computing. Phase space reconstruction from Lake Nasser time series confirms embedding dimension m=7. Climate change projections (+2.1°C) predict 3× chaotic regime expansion by 2050. Early warning system deployed through ARIMA-GARCH hybrids detects regime shifts 14 weeks ahead. Economic damage function estimates $4.7B GDP losses under unchecked eutrophication. Control interventions through switched systems theory stabilize hyperchaotic regimes with 92% success rate. Research establishes Nile basin as natural laboratory for fractional chaotic ecology informing global lake restoration strategies facing similar anthropogenic-nature interactions.

Keywords: chaotic dynamical systems, Nile ecosystem, fractional derivatives, early warning signals, optimal control

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

OPTIMIZATION OF HYBRID ELECTRIC POWERTRAIN COMPONENTS FOR LOW-COST INDIAN URBAN TRANSPORT VEHICLES

Dr. Kavita Sharma, Assoc. Prof. Dr. Suresh Iyer
Department of Mechanical Engineering, Indian Institute of Technology Delhi, India

ABSTRACT

This research develops optimized hybrid electric powertrain configurations for India's burgeoning two-wheeler and three-wheeler urban transport market, targeting sub-$2,000 cost threshold while achieving 120 km range and 55 km/l equivalent efficiency. Multi-objective genetic algorithms minimized life-cycle costs alongside maximizing energy efficiency using MATLAB/Simulink co-simulation of series-parallel architectures. Lithium iron phosphate batteries (15 Ah, 51.2V) coupled with 3 kW BLDC hub motors and 1.2 kW range-extender generators achieved 28% cost reduction versus benchmark electric rickshaws through localized cell manufacturing and indigenous controller design. Dynamic programming energy management strategy optimized SOC trajectories yielding 18% fuel savings during typical Delhi autorickshaw duty cycles incorporating 42% idling losses. Thermal management via PCM-assisted air cooling maintained 95% capacity retention after 1,500 cycles under 45°C ambient peaks. Component-level CFD optimization of motor cooling fins increased continuous rating 22% from 2.5 kW baseline. Drive cycle analysis across WMTC, MODE India, and real-world traffic datasets confirmed 82% throttle efficiency band utilization. Manufacturing cost modeling projects $1,650 FOB pricing enabling 35% market penetration among 8M annual two-wheeler replacements. Lifecycle emissions analysis demonstrates 64% CO2 reduction versus CNG counterparts alongside 91% NOx elimination. Field trials across 15 Delhi operators confirm 97% uptime with MTBF exceeding 18,000 km. Policy integration roadmap leverages FAME-III subsidies alongside PLI scheme component localization achieving 72% domestic value addition. Scalability targets 2M units annual production by 2028 establishing India as global leader in affordable hybrid urban mobility solutions addressing transport sector's 14% national GHG emissions.

Keywords: hybrid powertrain, urban transport, cost optimization, electric rickshaw, energy management

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

MULTI-OBJECTIVE DESIGN OF HIGH-EFFICIENCY CENTRIFUGAL PUMPS USING COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS AND GENETIC ALGORITHMS

Dr. Reza Mohammadi, Ali Farhadi, Samaneh Karimi
Department of Mechanical Engineering, Amirkabir University of Technology, Iran

ABSTRACT

This study presents Pareto-optimal centrifugal pump impeller designs maximizing efficiency while minimizing NPSHr across 20-60 m head range using coupled CFD-genetic algorithm framework. ANSYS CFX simulations of 1,200 impeller geometries (7-11 blades, 25°-45° blade angles) identified 96.2% peak efficiency configuration with 2.8 m NPSHr versus industry baseline 78% efficiency/5.1 m NPSHr. NSGA-II algorithm balanced objectives through 450 generations converging 18 design variables including meridional contouring, splitter blade placement, and volute tongue positioning. unsteady RANS validated against PIV data confirmed 7% efficiency gains through vorticity reduction at impeller-volute interface. Manufacturing via five-axis CNC validated hydraulic performance within 2.1% of predictions. Cavitation damage prediction through Rayleigh-Plesset modeling correlated 0.93 with 1,500-hour endurance testing. Multi-disciplinary optimization incorporated structural FEA limiting von Mises stresses to 280 MPa under 16 bar transients. Economic analysis established 3.7:1 NPV over conventional designs through 22% energy savings equating $14,200 annual operating cost reduction per 100 kW installation. Scalability demonstrated across irrigation, HVAC, and petrochemical applications with duty point efficiencies exceeding 94% at 50% BEP. Patent application IR202412345 submitted covering parametric blade loading methodology. Technology transfer agreements secured with three Iranian pump manufacturers targeting 15% domestic market share. Research establishes comprehensive design methodology transforming pump engineering from empirical to computational paradigm reducing development lead times 67% while delivering superior field performance across variable operating conditions.

Keywords: centrifugal pump design, multi-objective optimization, CFD simulation, genetic algorithms, pump efficiency

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

VIBRATION ANALYSIS AND PASSIVE DAMPING STRATEGIES FOR PIPELINES IN PETROCHEMICAL PROCESS PLANTS

Assoc. Prof. Dr. Hossein Jalali, Mehdi Ebrahimi
Department of Mechanical Engineering, Sharif University of Technology, Iran

ABSTRACT

This research develops comprehensive vibration mitigation strategies for petrochemical pipelines subjected to acoustic induced vibration (AIV) and flow-induced vibration (FIV) across 150-5,000 Hz bandwidth. Field measurements from 42 Iranian petrochemical plants identified 68% failure incidents originating from vortex shedding resonance at 180-350 Hz and acoustic fatigue at 1,200 Hz. Finite element modal analysis coupled with CFD flow visualization established critical velocity thresholds triggering fatigue at 0.2 mm/s RMS. Viscoelastic constrained layer damping (VCLD) patches reduced transmission loss 29 dB versus 14 dB unconstrained configurations through 1.8x strain energy dissipation. Tuned mass dampers optimized for 7th-12th acoustic modes achieved 64% amplitude suppression at compressor stations. Patented helical strake configuration reduced vortex shedding amplitudes 78% across Reynolds numbers 10^5-10^6. Dynamic strain gauge arrays confirmed fatigue life extension from 18 months to 7.2 years post-retrofit. Cost-benefit analysis established 4.3:1 IRR through 92% maintenance cost avoidance. API 618 compliance verification through modal assurance criterion exceeded 0.92 correlation with test data. Machine learning damage prediction model utilizing vibration spectra achieved 94% accuracy enabling predictive interventions. Scalability roadmap targets 1,200 km Iranian petrochemical piping inventory by 2029 generating $340M lifecycle savings. Technology licensing agreements secured with three regional operators. Research establishes integrated vibro-acoustic methodology transforming pipeline integrity management from reactive to predictive paradigm significantly enhancing process plant safety and operational continuity.

Keywords: pipeline vibration, acoustic induced vibration, passive damping, petrochemical plants, fatigue analysis

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

PERFORMANCE EVALUATION OF SMALL-SCALE BIOMASS GASIFIERS FOR RURAL POWER GENERATION IN NIGERIA

Prof. Dr. Chinedu Okafor, Ibrahim Musa, Joy Adeyemi
Department of Chemical Engineering, University of Lagos, Nigeria

ABSTRACT

This comprehensive field study evaluates 10 kWe downdraft biomass gasifiers using Nigerian agricultural residues (rice husk, palm kernel shell, sugarcane bagasse) across six rural communities providing 24/7 power to 4,200 households. Producer gas composition averaged 18.2% CO, 2.4% CH4, 15.6% H2 yielding 4.8 MJ/Nm³ calorific value. Cold gas efficiency peaked at 72.4% with PKS feedstock through optimized 0.28 equivalence ratio. 7,200-hour durability testing confirmed 92% uptime with tar levels below 50 mg/Nm³ via innovative cyclone-electrostatic precipitator configuration. Levelized cost of electricity achieved ₦42.3/kWh versus ₦68/kWh grid equivalent alongside 0.41 kgCO2/kWh lifecycle emissions versus 0.82 diesel baseline. 1,850 farmer households gained 28% income through residue monetization creating $2.4M circular economy. Spark ignition engine modification using variable compression ratio (8.5:1-11.5:1) maintained 78% brake thermal efficiency across gas quality fluctuations. GPS-enabled IoT platform enabled remote O&M achieving 96% anomaly detection accuracy. Gender analysis confirmed women 3.2x higher participation in fuel supply chains. Scalability roadmap targets 15,000 units by 2030 meeting 8% rural electrification gap generating 1,200 MW decentralized capacity. Policy framework secured ₦4.5B Rural Electrification Agency funding alongside carbon credit registration yielding $1.8M annual revenues. Technology validated against Tier 4 electrification standards. Research establishes biomass gasification as transformative rural energy solution simultaneously addressing Nigeria's dual energy poverty and agricultural waste crises.

Keywords: biomass gasification, rural electrification, Nigeria, agricultural residues, decentralized power

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

FINITE ELEMENT ANALYSIS OF FATIGUE FAILURE IN WELDED STEEL STRUCTURES FOR NIGERIAN OFFSHORE OIL PLATFORMS

Dr. Tunde Falade
Department of Mechanical Engineering, University of Port Harcourt, Nigeria

ABSTRACT

This research develops fracture mechanics-based FEA methodology predicting fatigue life of welded tubular joints in Nigerian offshore platforms subjected to North Sea-equivalent JIP wave spectra. ABAQUS/XFEM modeling of K-node connections incorporating residual stresses from multi-pass SMAW welding captured 94% SCF accuracy versus strain gauge validation. Paris law crack propagation analysis predicted 22-year fatigue life versus 14-year field failures confirming weld toe undercuts as primary initiation sites. Corrosion-fatigue interaction modeling using superposition principle established 3.2x life reduction under seawater splash zone conditions. Probabilistic S-N curve analysis incorporating fabrication tolerances achieved 92% correlation with 18-year DHS platform inspection data. Hot spot stress extrapolation methodology (IIW-XIIW) outperformed notch stress approaches by 8.2% prediction accuracy. Repair strategy optimization identified grinding+friction stir processing extending remaining life 7.4 years at 28% cost of replacement. Through-thickness stress profiling revealed 41% peak shear concentrations driving Mode II propagation. HAZ microstructural analysis confirmed acicular ferrite degradation reducing fracture toughness 36%. Weight function method enabled rapid reassessment post-inspection achieving 96% computational speedup. Economic modeling established $4.7M NPV per platform through optimized inspection intervals. Technology deployed across 14 NNPC platforms generating $28M lifecycle savings. Research establishes context-specific FEA framework addressing Nigeria's unique welding practices, corrosion regimes, and hurricane loading establishing new regional standards for offshore structural integrity management.

Keywords: fatigue analysis, welded joints, offshore platforms, fracture mechanics, FEA modeling

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

DESIGN AND CONTROL OF LOW-COST PROSTHETIC HANDS USING HYBRID 3D-PRINTED MECHANISMS FOR FILIPINO PATIENTS

Dr. Miguel Santos, Assis. Prof. Dr. Carla Reyes, John Paolo Cruz
Department of Biomedical Engineering, University of the Philippines Diliman, Philippines

ABSTRACT

This research develops sub-$150 myoelectric prosthetic hands achieving 92% able-bodied grip strength using hybrid 3D-printed PLA-carbon fiber mechanisms and surface EMG control optimized for Filipino amputees. Solidworks topology optimization reduced actuator count from 5 to 3 motors maintaining 14 grasp patterns via underactuated linkage design. EMG pattern recognition accuracy reached 96.3% using 8-channel Delsys Trigno sensors processed through CNN-LSTM architecture with 28 ms latency. Tactile feedback via piezoresistive FSR arrays enabled 84% grip force modulation preventing object crushing. 18-month field trials across 127 upper limb amputees confirmed 88% daily usage with 97% satisfaction scores. Manufacturing protocol scaled production 42x through community biofabrication hubs training 280 technicians. Local PLA filament formulation reduced material costs 67% while maintaining 78 MPa tensile strength. PID cascade control achieved 2.4° servo positioning accuracy under 5 kg payloads. Machine learning adaptation compensated 23% signal degradation from perspiration. Gender-disaggregated analysis confirmed equivalent functionality across palm/forearm amputations. Economic modeling established 14:1 cost-effectiveness versus imported $8,000 prostheses alongside 3.2 year payback through restored productivity. PhilHealth reimbursement integration secured national coverage for 4,200 patients annually. Open-source CAD files downloaded 18,000 times across ASEAN. IP protection through design patents alongside Creative Commons manufacturing licenses. Research establishes democratized prosthetics paradigm serving 1.7M upper limb amputees across Southeast Asia through distributed manufacturing revolutionizing disability inclusion economics.

Keywords: prosthetic hands, 3D printing, myoelectric control, biomedical engineering, accessibility

ISBN NR: 978-625-5694-76-8

THERMAL PERFORMANCE ASSESSMENT OF SOLAR-POWERED ABSORPTION COOLING SYSTEMS FOR TROPICAL CLIMATES IN THE PHILIPPINES

Assis. Prof. Dr. Antonio Dela Cruz, Liza Marquez
Department of Mechanical Engineering, De La Salle University Manila, Philippines

ABSTRACT

This comprehensive experimental investigation evaluates single-effect H2O-LiBr solar absorption chillers achieving 0.72 COP under Philippine tropical conditions (32°C DBT, 78% RH). 35 kW cooling capacity prototype utilizing evacuated tube collectors (72 m²) delivered 18.8 tons refrigeration averaging 6.2 hours daily operation. Dynamic simulation via TRNSYS validated 94% against measured data confirming 28% capacity variation with solar irradiance. Generator heat recovery through feedwater preheating improved cycle efficiency 14% reaching 0.81 COP peaks. Nanofluid augmentation using 0.02% Al2O3 nanoparticles enhanced heat transfer coefficients 32% without viscosity penalty. Crystal formation risk mitigated through dual-temperature glide economizer reducing crystallisation onset 8°C. Off-design performance optimization via R1234yf ejector boost achieved 22% capacity enhancement during monsoon periods. Economic analysis established 7.2-year payback versus diesel gensets through 84% operating cost reduction alongside $14,200 annual CO2 savings. Field deployment across three public hospitals confirmed 97% reliability serving 2,800 patients daily. Maintenance protocol reduced scaling 67% through magnetic treatment. Component-level exergy analysis identified generator-absorber subsystem 41% destruction minimized through counterflow configuration. Grid integration potential quantified at 15% campus peak shaving. National roadmap targets 250 MW solar cooling capacity by 2030 offsetting 420 GWh thermal generation. PhilSHORE integration secured DOE funding alongside ERC net metering approval. Research establishes solar absorption cooling as transformative technology for archipelago nations eliminating 1.2M tons annual diesel consumption while enhancing energy security amidst fossil fuel import dependency.

Keywords: solar absorption cooling, tropical climates, H2O-LiBr chiller, thermal performance, Philippines