

Sahibi / Owner

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi adına / *On behalf of Burdur Mehmet Akif Ersoy University*
Prof. Dr. Hüseyin DALGAR
Rektör / *Rector*

Sorumlu Müdür / Journal Manager

Prof. Dr. / *Prof. Dr.* Yasin ARSLAN

Başeditör / Editor-in-Chief

Assoc. Prof. Dr./Doç. Dr. Ahmet UYUMAZ

Yardımcı Editörler / Co. Editors

Doç. Dr. / *Assoc. Prof. Dr.* Mustafa ÖZTOP

Dr. Öğr. Üyesi / *Assist. Prof. Dr.* Kadir MERCAN

İngilizce Dil Editörü / English Language Editor

Prof. Dr. / *Prof. Dr.* Latif Gürkan KAYA

Redaktör / Proofreader

Dr. Öğr. Üyesi / *Assist. Prof. Dr.* Kadir MERCAN

Sekreteryası / Secretariat

Doç. Dr. / *Assoc. Prof. Dr.* Hüseyin Samet AŞIKKUTLU

Araş. Gör. / *R. A. Ayşe Betül GÖK*

Dergi İletişim

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İstiklal Yerleşkesi, 15030 Burdur
☎ 0 248 213 3150 ☎ 0 248 213 3160
✉ makufebed@gmail.com

Journal Contact

Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Istiklal Campus, 15030 Burdur-Turkey
☎ +90 248 213 3150 ☎ +90 248 213 3160
✉ makufebed@gmail.com

Kısaltılmış Dergi Adı / Abbreviated Journal Name: MAKÜ FEBED

MAK ER U FEN BİL ENS DERG

Kayıtlı Dergi DOI Numarası ve Ön Eki / Registered Journal DOI Number and Prefix: 10.29048/makufebed

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi
*The Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences of Mehmet Akif Ersoy University***Uluslararası Yayın Kurulu / International Editorial Board**

- Prof. Dr. Mohd Ezree Bin ABDULLAH, Tun Hussein Onn University of Malaysia, Malaysia
Prof. Dr. Tapani ALATOSSAVA, The University of Helsinki, Finland
Prof. Sadık C. ARTUNÇ, Mississippi State University, USA
Prof. Dr. Ebru Gül ASLAN, Süleyman Demirel University
Prof. Dr. Günay ÇAKIR, Gümüşhane University
Prof. Dr. Öner DEMİREL, Kırıkkale University
Prof. Dr. Nihat DİPOVA, Akdeniz University
Prof. Dr. Zuhâl KAYNAKCI ELİNÇ, Akdeniz University
Prof. Dr. Oliver GAILING, University of Göttingen, Germany
Prof. Dr. Rodrigo AMORIM GARCIA, University of Rio de Janeiro Federal, Brasil
Prof. Dr. Fatma GÖDE, Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Prof. Dr. Iskender GÜLLE, Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Prof. Dr. Ayşe Gül MUTLU GÜLMEMİŞ, Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Prof. Dr. Tayyar GÜNGÖR, Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Prof. Dr. Oğuz GÜRİSOY, Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Prof. Dr. Ali Hakan IŞIK, Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Prof. Dr. Deniz İNNAL, Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Prof. Dr. Latif Gürkan KAYA, Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Prof. Dr. Mehmet Ali KAYA, Trakya University
Prof. Dr. Rabah KHENATA, University of Mascara, Algeria
Prof. Dr. Erdal KENDÜZLER, Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Prof. Dr. Gülden BAŞYİĞİT KILIÇ, Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Prof. Dr. Waïel MOWRTAGE, İstanbul Medeniyet University
Prof. Dr. Haldun MÜDERRİSOĞLU, Düzce University
Prof. Dr. Martin NERUDA, Jan Evangelista Purkyně University, Czech Republic
Prof. Dr. Salih OFLUOĞLU, Mimar Sinan Güzel Sanatlar University
Prof. Dr. Maria OMASTOVA, Polymer Institute, Slovakia
Prof. Dr. Richard C. SMARDON, SUNY-Environmental Science and Forestry, USA
Prof. Dr. Erol TUTUMLUER, University of Illinois-Urbana-Champaign, USA
Prof. Dr. Ali TÜRK, Süleyman Demirel University
Prof. Dr. Cengiz YÜCEDAĞ, Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Prof. Dr. Murat ZENGİN, Pamukkale University
Assoc. Prof. Dr. Sehla ABBASOVA, Azerbaijan
Assoc. Prof. Dr. Zikri ARSLAN, Jackson State University, USA
Assoc. Prof. Dr. Hüseyin Samet AŞIKKUTLU, Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Assoc. Prof. Emanuel J. CARTER Jr., SUNY-Environmental Science and Forestry, USA
Assoc. Prof. Dr. Mehmet ÇETİN, Ondokuz Mayıs University
Assoc. Prof. Dr. Ertan DÜZGÜNEŞ, Karadeniz Technical University
Assoc. Prof. Dr. Sertaç GÖRGÜLÜ, Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Assoc. Prof. Dr. İsmail KIRBAŞ, Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Assoc. Prof. Dr. Nurettin KÖRÖZLÜ, Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Assoc. Prof. Dr. İbrahim İskender SOYASLAN, Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Assoc. Prof. Dr. Ahmet UYUMAZ, Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Assoc. Prof. Dr. Altan YILMAZ, Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Assist. Prof. Dr. Namiq ABBASOV, Azerbaijan
Assist. Prof. Dr. Ahmet ÇİFÇİ, Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Assist. Prof. Dr. Shalala HAMİDOVA, Bakı Dövlət Universiteti, Azerbaijan
Assist. Prof. Dr. Kinga KIMIC, The Warsaw University of Life Sciences, Poland
Assist. Prof. Dr. Şükran KULEAŞAN, Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Assist. Prof. Dr. Büşra AKTAŞ MANSUROĞLU, Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Assist. Prof. Dr. Nermin SARIGÜL, Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Assist. Prof. Dr. Dragan VUJADINOVIC, University of East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina
Assist. Prof. Dr. Dilara AKÇORA YILDIZ, Burdur Mehmet Akif Ersoy University

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi
The Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences of Mehmet Akif Ersoy University

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (MAKÜFEBED), 2010 yılından itibaren çevrimiçi olarak yayınlanan uluslararası indeksli ve hakemli bir dergidir. Dergide araştırma makalesi ve az sayıda derleme çalışmaları yılda iki kez yayınlanmaktadır. Dergide bazı yıllarda, yayın kurulu tarafından gerekli görüldüğü takdirde, ek sayılar ve/veya özel sayılar çıkarılmaktadır. Dergi, her kurumdan ve her ulustan bilim insanlarının çalışmalarına açıktır. Dergide gönderilen çalışmalar başka bir yerde yayınlanmamış veya yayınlanmak üzere gönderilmemiş olmalıdır. Herhangi bir sempozyum ya da kongrede sunulan yazılarda kongrenin adı, yeri ve tarihi belirtilmelidir. Sempozyum ya da kongrede sunulup, herhangi bir şekilde metni yayınlanmış bildiriler dergide yayınlanmak üzere sunulamaz. Bir araştırma kurumu ya da fonu tarafından desteklenen çalışmalarda destekleyen kuruluşun adı ve proje numarası verilmelidir. Makalelerin yazım dili; tercihen Türkçe veya İngilizce olabilir. Tüm makalelerde Türkçe ve İngilizce özet yazılması zorunludur. Dergiye yayın için sunulan aday makaleler editörler tarafından öncelikle şekil, yazım dili, kullanılan istatistiklerin yerindeliği ve doğruluğu ile ilgili olarak ön değerlendirmeye alınır. Aranılan özelliklere sahip olmayan makaleler yazarlarına iade edilir. Uygun görülen makaleler editör tarafından iki hakeme isimsiz olarak gönderilir. Editör ve Dergi Yayın Kurulu, hakem raporlarını dikkate alarak makalelerin yayınlanmak üzere kabul edilip edilmemesine karar verir. Yazılar yayınlanmak üzere kabul edildiği takdirde, MAKÜFEBED bütün yayın haklarına sahiptir. Dergiye gönderilen makaleler ister yayınlanmış veya yayınlanmamış olsun yazara iade edilmez. Dergide yayınlanacak makalelerin içeriğine ilişkin her türlü yasal sorumluluklar ve telif haklarına ilişkin ortaya çıkabilecek hukuki sorumluluklar yazarlara aittir. Dergide, belirtilen yazım esaslarına uygun gönderilen makaleler yayınlanır. Yayınlanan yazılar için telif hakkı ödenmez. MAKÜFEBED açık erişimlidir ve dergi, araştırmaların halka ücretsiz olarak sunulmasının daha büyük bir küresel bilgi alışverişini desteklediği ilkesiyle içeriğine anında açık erişim sağlar. Bu dergideki tüm yazılara <https://dergipark.org.tr/makufebed> adresinden ücretsiz olarak ulaşılabilir.

The Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences of Mehmet Akif Ersoy University (MAKÜFEBED) is an internationally indexed and peer-reviewed journal which has been published online since 2010. Research articles and a small number of review papers are published twice a year in the journal. In some years, if deemed necessary by the editorial board, supplementary issues and/or special issues are published in the journal. The journal is open to the work of scientists from every institution and every nation. Work submitted to the journal should not have been published elsewhere or sent for publication. The name, location and date of the congress should be indicated in any symposium or paper submitted at the congress. Any notices published in the symposium or congress and published in any form cannot be submitted for publication in the journal. The name of the supporting organization and the project number should be given in studies supported by a research institution or fund. Written language of manuscripts; preferably in Turkish or English. In all manuscripts it is necessary to write a summary in Turkish and English. Candidate manuscripts submitted to the journal for publication are first evaluated by the editors in terms of form, writing language, relevance and accuracy of the statistics used. Manuscripts that do not have the searched features are returned to their authors. Appropriate manuscripts are sent by the editor as two judges anonymously. The Editor and the Editorial Board decide whether or not to accept the manuscripts for publication, taking into account the referee reports. If the manuscripts are accepted for publication, MAKÜFEBED has all the publishing rights. Manuscripts sent to the journal, whether published or unpublished, are not returned to the author. All legal responsibilities regarding the content of the manuscripts to be published in the journal and legal responsibilities that may arise regarding copyrights belong to the authors. Manuscripts submitted in accordance with the specified writing rules are published in the journal. Copyright is not paid for published manuscripts. MAKÜFEBED is open access, and the journal provides immediate open access to its content on the principle that making research freely available to the public supports a greater global exchange of knowledge. All manuscripts in this journal are available free of charge from <https://dergipark.org.tr/makufebed>.

Dizinler / Indexes

Academic Resource Index (ResearchBib)
AGRI-FAO: Food and Agriculture Organization
ArastirMax
Bielefeld Academic Search Index (BASE)
CAB Abstracts
CABI
Cosmos Impact Factor
CrossRef
Digital Object Identifier (DOI)
Dimensions
Directory of Open Access Journals (DOAJ)
Directory of Open Access Scholarly (ROAD)
Directory of Research Journals Indexing (DRJI)
EBSCO
Eurasian Scientific Journal Index (ESJI)

FatCat
Google Scholar
JournalTOCs
Index Copernicus
Information Matrix for the Analysis of Journals (MIAR)
International Scientific Indexing (ISI)
OCLC WorldCat
OpenAIRE
Open Academic Journals Index (OAJI)
ResearchBib
ResearchGate
RootIndexing
Scilit
Sosyal Bilimler Atıf Dizini (SOBIAD)

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (MAKÜFEBED) yayınlarında varılan sonuçlar veya fikirlerin sorumluluğunu taşımamaktadır. Üniversitenin, bu yayında ileri sürülen bilgi, alet, ürün ya da işlevlerin doğruluğu, bütünlüğü, uygunluğu ve kullanılabilirliği konusunda bir yüklenimi ve iddiası bulunmamaktadır. Bu sebeple herhangi bir nedenle sorumlu tutulamaz. Bu yayının herhangi bir kısmı, MAKÜFEBED'nin yazılı izni olmadıkça kaynak gösterilmeden yayınlanamaz, bilgi saklama sistemine alınamaz veya elektronik, mekanik vb. sistemlerle çoğaltılamaz.

Both the Burdur Mehmet Akif Ersoy University and the Graduate School of Natural and Applied Sciences do not accept responsibility for the statements made or for the opinions expressed in The Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences of Mehmet Akif Ersoy University (MAKÜFEBED). The university makes no representation or warranty of any kind, concerning the accuracy, completeness, suitability or utility of any information, apparatus, product or processes discussed in this publication; therefore, it assumes no liability. Except for fair copying, no part of this publication may be produced, stored in a retrieval system in any form or by any means electronic, mechanical, etc. or otherwise without the prior written permission of the MAKÜFEBED and without reference.

İÇİNDEKİLER / CONTENTS**Sayfalar / Pages****Araştırma Makalesi / Research Paper**

1. Tarihi Büyük Hamam (Milas-Muğla) Yapısında Kullanılan Duvar ve Sıva Harçlarının Deneysel Olarak İncelenmesi
Experimental Investigation of Masonary and Plaster Mortars Used in the Historical Large Bath Building (Milas-Muğla)
Adem SOLAK
208-215
2. Marmaris Peridotiti ile İlişkili Yüzey ve Yeraltısularının Hidrojeokimyasal Özellikleri: Acıpayam (Denizli) Batısı
Hydrogeochemical Characteristics of Surface and Groundwaters Associated With Marmaris Peridotite: West of Acıpayam (Denizli)
Ayşen DAVRAZ
216-230
3. Denizli Pamukkale İlçesi Agriturizm Potansiyeli
Agritourism Potential of Denizli Pamukkale District
Duygu DOĞAN, Murat ZENGİN, Cennet Tekin CÜRE
231-242
4. Renk Kullanımının İnsan Psikolojisine Etkisi: Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi Örneği
Effect of Color Use on Human Psychology: Example of Başakşehir Pine and Sakura City Hospital
Seda DÜNDAR, Kurt Orkun AKTAŞ
243-251
5. Gofret Tipi Dondurma Külahlarının Bazı Kalite Özellikleri
Some Quality Characteristics of Wafer Type Ice Cream Cones
Hülya GÜL, Bedia ŞİMŞEK, Fatma HAYIT, Burcu UĞUR
252-261
6. Kamusal İç Mekânlarda Konseptte Dayalı Tasarım Yaklaşımı: MAKÜ Kitap ve Kahve Uygulama Kafeteryası Örneği, Burdur
Concept Based Design Approach in Public Interiors: Case Study of MAKÜ Book and Coffee Practice Cafeteria, Burdur/Türkiye
Ümit AKYILDIZ, Hüseyin Samet AŞIKKUTLU, Latif Gürkan KAYA
262-272
7. İç ve Dış Mekânda Kullanılan Satinwood ceylon (*Chloroxylon swietenia* DC) Ahşabında Ağartma Uygulamasının Yapılması Üzerine Bir Çalışma
A Study on the Application of Bleaching Treatment on Satinwood Ceylon(Chloroxylon swietenia DC) Wood Used Indoors and Outdoors
Ümit AYATA, Osman ÇAMLİBEL
273-281
8. Effects of Different Growing Media on Seedling Quality in Organic Seedling Production
Organik Fide Üretiminde Farklı Ortamların Fide Kalitesine Etkisi
Gizem FADILLIOĞLU, Sevinç BAŞAY
282-291
9. Sandıklı (Afyonkarahisar) Çevresinde Yetiştirilen Patates (*S. tuberosum*) Çeşitlerinin Ekolojik İstekleri
Ecological Demands of Potatoes (S. tuberosum) Grown Around Sandıklı (Afyonkarahisar)
Keziban ÇANKAYA, Ahmet SERTESER
292-300

| | |
|---|----------|
| 10. Optimize Edilmiş Denetimli Öğrenme Algoritmaları ile Obezite Analizi ve Tahmini <i>Obesity Analysis and Prediction with Optimized Supervised Learning Algorithms</i> | 301-312 |
| Tülay TURAN | |
| 11. Examining the Contributions of Foreign Architects to the Turkish Modernist Movement <i>Yabancı Mimarların Türk Modernist Hareketine Katkılarının İrdelenmesi</i> | 313- 323 |
| Hilal TUNCER PÜRSELİM, Duygu KURTOĞLU | |
| 12. Parklardaki Gürültünün Değerlendirilmesi: Isparta İli Çünür Mahallesi Örneği <i>Assessment of Noise in Parks: The Example of Isparta Province Çünür Neighbourhood</i> | 324- 331 |
| Esra BAYAZIT SOLAK, Candan KUŞ ŞAHİN, Büşra ONAY, Beyza SAVA | |
| 13. İklim Değişikliği Bağlamında Halkın Antalya'daki Mevcut Parklara Bakış Açılarının Değerlendirilmesi ve İklim Dostu Park Uygulama Önerileri <i>The Evaluation of Public Perspectives on Existing Parks in Antalya within the Context of Climate Change and Climate-Friendly Park Practice Recommendations</i> | 332- 345 |
| Nefise ÇETİN, Sibel MANSUROĞLU | |
| 14. DNA Sequence Based Molecular Identification of <i>Eustrongylides excisus</i> Larvae in Sander <i>Lucioperca</i> from Lake Eğirdir <i>Eğirdir Gölü'nden Sander <i>Lucioperca</i>'daki <i>Eustrongylides excisus</i> Larvalarının DNA Dizisi Tabanlı Moleküler Tanımlaması</i> | 346-354 |
| Kevser ÖZTÜRK, Mehmet Oğuz ÖZTÜRK | |
| 15. Buji İle Ateşlemeli Bir Motorda Benzoyltiyüüre Türevi Yakıt Katkısının Motor Performansı ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin İncelenmesi <i>Investigation of the Effect of Benzoylthiourea Derivative Fuel Additive on Engine Performance and Exhaust Emissions in a Spark Ignition Engine</i> | 355-364 |
| Sertaç COŞMAN | |
| Derleme Makale / Review Paper | |
| 16. ChatGPT with Risks and Opportunities <i>Riskleri ve Fırsatları ile ChatGPT</i> | 365-376 |
| Tarık KABAK, İsmail KIRBAŞ | |
| 17. Recent Studies in the Literature on Nonlinear Control of Platoons and Transitional Maneuvers <i>Araç Takımların Doğrusal Olmayan Kontrolü ve Geçiş Manevraları Hakkında Literatürdeki Son Çalışmalar</i> | 377-400 |
| Mahmut KENAR | |
| 18. Zemin Sıvılaşmasını Denetleyen Koşulların ve Sıvılaşma Nedenli Deformasyonların İncelenmesi <i>Examination of Conditions Controlling Soil Liquefaction and Deformations Caused by Liquefaction</i> | 401-411 |
| Sultan Gül DURMAZ, İbrahim İskender SOYASLAN | |

Tarihi Büyük Hamam (Milas-Muğla) Yapısında Kullanılan Duvar ve Sıva Harçlarının Deneysel Olarak İncelenmesi

Adem SOLAK 

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Burdur

Geliş Tarihi (Received): 17.02.2023, Kabul Tarihi (Accepted): 10.04.2023

✉ Sorumlu Yazar (Corresponding author*): asolak@mehmetakif.edu.tr

☎ +90 248 2132757 📠 +90 248 2132704

ÖZ

Tarihi yapılar ülkelerin en önemli kültür miraslarının başında gelmektedir. Tarihi yapıların korunmasında esas gaye onların yapısal bütünlüklerini koruyarak geleceğe güvenle aktarılmasının sağlanmasıdır. Tarihi yapılar ile ilgili yapılacak herhangi bir uygulamadan önce disiplinler arası bir çalışma ile yapıların mevcut halinin detaylı bilinmesi gereklidir. Yapının inşasında kullanılan bağlayıcı malzemelerin özellik ve bileşimlerinin analiz edilmesi bu çalışmanın temel amacıdır. Çalışma kapsamında Muğla ili Milas ilçesinde bulunan Beçin antik kentindeki Büyük Hamam yapısının duvarlarında kullanılan duvar örgü ve sıva harçları incelenmiştir. Büyük Hamam yapısından alınan harç numuneleri üzerinde laboratuvar ortamında stereo mikroskopla petrografik inceleme, X-Işınları Difraktometresi (XRD), Termografik analiz (TG/DTA), X-Işını Floresans (XRF) spektrometresi, birim hacim kütle, kütlece ve hacimce su emme, özgül kütle, kompasite, porozite, asit kaybı ve tek eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucu, harçların temel fiziksel, mekanik ve hidrolik özellikleri ile mikro yapıları, doğal madde kompozisyonları, doğal madde-lerin mineralojik ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Çalışma sonunda yapıda bulunan duvar örgü ve sıva harçlarındaki bağlayıcı malzemenin saf kireç harcı olduğu belirlenmiştir. Harçların hidrolik özellik göstermediği, ayrıca basınç dayanımlarının da düşük olması incelenen örneklerin hidrolik özellikte olmadığından dolayı yani harçların saf kireç harcı olmasından kaynaklanabileceği değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bağlayıcı malzeme, dayanım, hidrolik özellik, kireç harçları, tarihi yapı

Experimental Investigation of Masonry and Plaster Mortars Used in the Historical Large Bath Building (Milas-Muğla)

ABSTRACT

Historical buildings are one of the most important cultural heritages of countries. The main purpose in the preservation of historical buildings is to ensure that they are safely transferred to the future by preserving their structural integrity. Before any application about historical buildings, it is necessary to know the current state of the buildings in detail with an interdisciplinary study. The main purpose of this study is to analyze the properties and compositions of the binding materials used in the construction of the building. Within the scope of the study, the masonry and plaster mortars used on the walls of the Great Bath structure in the ancient city of Beçin in the Milas district of Muğla province were examined. Petrographic examination, X-Ray Diffractometry (XRD), Thermographic analysis (TG/DTA), X-Ray Fluorescence (XRF) spectrometry, unit volume mass, water absorption by mass and volume, property mass, compactness, porosity on the mortar materials taken from the Great Bath structure in the laboratory environment, acid

loss and uniaxial compression bed tests were carried out. As a result of the experiments, the basic physical, mechanical and hydraulic properties of the mortars and their microstructures, natural material compositions, mineralogical and chemical properties of natural materials were determined. At the end of the study, the binder layers in the masonry and plaster mortars in its structure were determined as pure lime mortar. It has been evaluated that the mortars do not show hydraulic properties, and the low compressive strength may be due to the fact that the samples examined are not hydraulic, that is, the mortars are pure lime mortar.

Keywords: Binding material, strength, hydraulic properties, lime mortars, historical structure

GİRİŞ

Tarihi belge niteliğine sahip olan kültür varlıklarının korunması ve gelecek nesillere aktarılması disiplinler arası bir çalışma gerektirir. Mimar, inşaat mühendisi, jeoloji mühendisi, arkeolog, sanat tarihçisi, kimya mühendisi, jeofizik mühendisi, konservatör, restoratör gibi farklı meslek gruplarından birçok uzman söz konusu değerlerin korunması için beraber çalışmalıdır.

Tarihi eser niteliği taşıyan yapılar, zamanla doğal ve insan faktörlü nedenlerden dolayı fonksiyonel işlevlerini kaybetmektedir. Ülkemizde de halen geçerli olan ve 1964 yılında yayınlanan Venedik Tüzüğü'nde tarihi yapıların onarımında özgün malzemenin kullanılması gerektiği vurgulanmaktadır (URL-1, 2014). Bu bağlamda yapılacak restorasyon ve konservasyon çalışmalarında özgün ve orijinal malzeme kullanılması büyük önem arz etmektedir (Güleç ve Ersen, 1998; Sayın, 2019).

Osmanlı döneminde yapılan tarihi yapılarda kullanılan harçlarda bağlayıcı madde ağırlıklı olarak kireçtir. Tarihi yapılarda taşıyıcı duvar ve sıva harçlarında kullanılan kireç harçları, yapı elemanlarını bir arada tutan bağlayıcı malzemelerden olup, kireç ile agrega ve suyun karıştırılması ile oluşturulur. Dayanım kazanım özelliklerine göre kireç harçlarını hidrolik ve hidrolik olmayan kireç harçları olarak gruplandırılmaktadır (Boynton, 1966).

Hidrolik olmayan kireç harçları, kirecin havada bulunan karbon dioksit ile kalsiyum karbonat (CaCO_3) bileşiğine dönüşerek dayanım kazanırlar (TS699, 1987). Hidrolik kireç harçları ise, hidrolik kireç kullanılarak veya saf kireç ile puzolanik agregaların karıştırılması ile elde edilir. Hidrolik kireç harçları, kireçte bulunan kalsiyum silikatların ve kalsiyum alüminatların su ile reaksiyonu sonucunda kalsiyum-silikat-hidrat (C-S-H) ve kalsiyum-alüminat-hidratların (C-A-H) oluşması ile dayanım kazanır. Hidrolik kireç harçları, hidrolik olmayan kireç harçlarına göre daha büyük mekanik özellikler göstermekle birlikte aynı zamanda daha kalıcı harçlardır.

Tarihi yapılarda kullanılmış olan yapı malzemelerinin karakteristik özelliklerinin belirlenebilmesine yönelik olarak literatürde yer alan bazı çalışmalar şu şekildedir:

Aydın ve ark. (2019) tarafından yapılmış olan çalışmada, Şanlıurfa ilinde yer alan Hacı Yedigâr Cami inşasında kullanılmış olan yapı malzemelerinin özellikleri arkeometrik açıdan tahribatsız ve tahribatlı yöntemlerle incelenmiştir. Yapıdan alınan malzeme numuneleri üzerinde optik petrografi (polarizan mikroskop), X-ışınları difraksiyonu (XRD) ve jeokimyasal analizler (X-ışınları floresans-XRF) yapılmıştır. Optik petrografik incelemelere göre kireçtaşlarının genellikle kalsit minerallerinden oluşmakla birlikte az miktarda kuvars, feldispat, kil, opak mineral, fosil kavkısı ve maseraller içerdiği, XRD inceleme sonuçlarına göre numunelerde kalsit, jips, kuvars, feldispat ve kil mineralleri bulunduğu, kireçtaşı olarak tanımlanmış olan yapı duvarlarının kalsit+jips bileşimi gösterirken, harç örneklerinde kalsit+kuvars±feldispat bileşenlerinin bulunduğu, XRF sonuçlarına göre numunelerin yapısında ağırlıklı olarak Mg, Al, Si, K, Ca, Fe gibi elementlerin yer aldığı tespit edilmiştir.

Akyol ve ark. (2022) tarafından yapılmış olan çalışmada; Afyon ili içerisinde bulunan Ulu Cami yapısında kullanılmış olan yapısal ve dekoratif yapı malzemelerinin karakteristik özelliklerinin belirlenebilmesi için yapıdan alınan malzeme numuneleri deneysel yöntemlerle incelenmiştir. Çalışma kapsamında yapılan deneyler sonucunda yapının inşasında kullanılmış olan taşların yerel kayalık kaynaklarından elde edilmekle birlikte andezit taşlar olduğu, taş/tuğla derz ve moloz dolgu harçlarının kireç ve kireç/kil karışımı bağlayıcı içeriklerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Akyol ve ark. (2022) yapmış oldukları çalışmada Malatya Ulu Camisi'ne ait yapı malzemeleri arkeometrik yönden incelenmişlerdir. Bu doğrultuda, yapının farklı bölümlerinden alınan taş, tuğla, çini, harç ve sıva örnekleri analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda yapının inşasında çoğunlukla traki-andezit türü taş kullanıldığı, yapıda kullanılmış olan özgün tuğla malzemelerin dayanım değerlerinin oldukça düşük olduğu,

Tarihi Büyük Hamam (Milas-Muğla) Yapısında Kullanılan Duvar ve Sıva Harçlarının Deneysel Olarak İncelenmesi

özgün harç ve sıvaların bağlayıcı içeriğinde kireç/kil ve kireç/alçı/kil karışımı, onarımda kullanılan harç ve sıvaların bağlayıcı içeriğinde ise çimento/kireç, çimento/kil ve kil/kireç/çimento karışımı bağlayıcıların kullanıldığı belirlenmiştir. Çalışma kapsamında arkeometrik analizler ile elde edilen verilerin, yapının hem malzeme açısından belgelenmesine hem de koruma/onarım uygulamalarının daha verimli yürütülmesine katkı sağlama etkili olduğu vurgulanmıştır.

Bu çalışmada Muğla ili Milas ilçesinde yer alan Beçin antik kentinde Osmanlı döneminde moloz taşlar ile inşa edilmiş olan Büyük Hamam yapısında (Şekil 1) kullanılan kireç harçlarının malzeme özelliklerinin belirlenmesi hedeflenmiştir.



Şekil 1. Büyük Hamam genel görünümü

MATERYAL VE YÖNTEM

Alınan numunelerin 3 tanesi taş arası duvar harcı, 2 tanesi de sıva harcıdır. Örnekler alınırken numunelerin mümkün olduğunca özgün malzeme korunması prensibi göz önüne alınmıştır. Bu nedenle yapılardan karot alınması yöntemi yerine elle ve yardımcı aletlerle örnek alma yöntemi tercih edilmiştir.

Duvar örgü harçları Batı Eyvan Güney Duvarı (BHD1), Doğu Eyvan Güney Duvarı (BHD2) ve Soyunmalık Güneydoğu Duvarı iç cepheden (BHD3) alınmıştır (Şekil 2). Sıva harçları ise İliklik Kuzeybatı Duvarı (BHS1) ve Sıcaklık Bölümü Doğu Duvarından (BHS2) alınmıştır (Şekil 3). Numune kodlamalarında ilk iki harf yapı adını (Büyük Hamam: BH), üçüncü harf harcin duvar ya da sıva harcı olduğunu (Duvar harcı: D, Sıva harcı: S) dördüncü rakam da alınan bölgeleri göstermektedir.



BHD1



BHD2



BHD3

Şekil 2. Büyük Hamam yapısından duvar harcı numuneleri alınan bölgelerin görünüşü



BHS1

BHS2

Şekil 3. Büyük Hamam yapısından sıva harcı numuneleri alınan bölgelerin görünüşü

Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Harç örneklerin fiziksel özelliklerinin belirlenebilmesi için su emme ve piknometre deneyleri TS699 standart testi kullanılarak yapılmış olup, örneklerin kütlece ve hacimce su emme oranları (Sk, Sh); birim hacim kütlesi (Δ), özgül kütle (δ), kompozite (K) ve porozite (P) değerleri bulunmuştur (TS699, 2009). Tek eksenli basınç dayanım değerleri Tonitechnic marka test cihazı ile bulunmuştur (RILEM, 2005; TS EN 1015-11, 2020).

Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi

Bağlayıcı/agrega oranının belirlenmesi amacıyla harç numunelerinden 50 gramlık toz örneği alınmıştır. Toz numuneler beher içine konularak, %10 oranında seyreltilmiş HCl ile 60 dakika karıştırılarak 1 saat bekletilmiş ve daha sonra filtre kağıttan süzülerek asitteki kayıp oranları belirlenmiştir. Harçların kimyasal kompozisyonları ise Spectro XEPOS-II PEDXRF cihazı kullanılarak tespit edilmiştir. XRF yöntemi ile yapı harçlarının içerisindeki maddelerin % oksit bileşenleri belirlemek için kimyasal özellikleri tanımlanmıştır.

Harçların hidrolik özellikleri Perkin Elmer Diamond TG/DTA cihazı kullanılarak yapılan termogravimetrik analiz ile belirlenmiştir. Testler, 200 ml/min debide sağlanan azot gazı ortamında, 20°C/min sıcaklık artırım ile 30- 900°C sıcaklık aralığında seramik numune kapları kullanılarak yaklaşık 11 mg kütlede numunelerle gerçekleştirilmiştir. Bu analiz ile numunelerin sıcaklık değişimleri karşısındaki kütle kayıpları incelenmiş ve analiz sonunda, 0-120°C, 200-600°C ve 600-900°C

aralıklarındaki kütle kaybı değerleri (%) cinsinden bulunmuştur. 200-600°C aralığındaki kütle kaybı, kimyasal bağlı suyun çıkışını; 600- 900°C aralığındaki kütle kaybı ise karbonatlaşmış kirecin kalsinasyonu sonucu karbondioksit çıkışını ifade etmektedir. Numunelerin hidrolik özellikleri karbondioksit kaybı değeri ile su yüzdelilerinin oranlaması ile değerlendirilmiş olup, bu oranın 10'dan küçük olması halinde harçların hidrolik özellik gösterdiği kabul edilmiştir (Oğuz ve ark., 2015).

Mineralojik Özelliklerin Belirlenmesi

Harçlarda kullanılan kireç ile agregaların mineralojik özellikleri hazırlanan ince kesitler üzerinde polarize mikroskop (Leica DM750P) kullanılarak petrografik analiz ile, ayrıca ileri teknik analizlerden olan X Işını Kırınımı (XRD) cihazı (Rigaku Mini Flex) kullanılarak tespit edilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Fiziksel ve Mekanik Analiz Sonuçları

Harç numunelerinin fiziksel özellikleri incelendiğinde (Tablo 1) birim hacim kütlesi değerlerinin 1.6-1.8 gr/cm³, özgül kütle değerlerinin 2.6-2.7 gr/cm³ kütlece su emme yüzdelilerinin %9-11 hacimce su emme yüzdelilerinin %17-20 porozite (gözeneklilik) değerlerinin %35-40 kompozite (doluluk) oranlarının %60-65 aralığında olduğu belirlenmiştir.

Tablo 1. Harçların fiziksel ve mekanik özellikleri

| Örnek | Sk (%) | Sh (%) | Δ (gr/cm ³) | δ (gr/cm ³) | Porozite P (%) | Kompozite K (%) | Dayanım σ (MPa) |
|-------|--------|--------|--------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|------------------------|
| BHD1 | 10,30 | 17,20 | 1,67 | 2,70 | 38 | 62 | 3,0 |
| BHD2 | 11,01 | 18,60 | 1,69 | 2,66 | 37 | 63 | 2,8 |
| BHD3 | 10,63 | 17,85 | 1,68 | 2,68 | 38 | 62 | 3,1 |
| BHS1 | 9,92 | 17,07 | 1,72 | 2,71 | 37 | 63 | 3,5 |
| BHS2 | 10,00 | 17,10 | 1,71 | 2,70 | 37 | 63 | 4,5 |

Bu değerler literatürde önceki çalışmalar ile uyum içindedir. Örneğin, Oğuz ve ark. (2015) inceledikleri Antalya Andriake limanında Selçuklu dönemi yapıya ait tipik kireç harçların boşluk oranı %34, yoğunluk 2,50 olarak, Ulukaya ve ark. (2013) inceledikleri Osmanlı yapısında yoğunluk 2,7, boşluk oranı 44, birim hacim ağırlık 1.5, olarak bulmuşlardır (Uğurlu ve ark., 2010; Ulukaya ve ark., 2013). Diğer bir çalışmada Kozlu

(2010) incelemiş olduğu Osmanlı yapısında gözeneklilik %48, birim hacim ağırlık 1,2 ve yoğunluk 2,62 olarak bulmuşlardır. Bu değerler bu çalışma sonuçlarına çok yakın değerlerdir. Numunelerinin ortalama tek eksenli basınç dayanımları sırasıyla 3,0 ve 4,0 MPa olarak belirlenmiştir (Tablo 1).

Tarihi Büyük Hamam (Milas-Muğla) Yapısında Kullanılan Duvar ve Sıva Harçlarının Deneysel Olarak İncelenmesi

Kimyasal Analiz Sonuçları

Harç örneklerinin asit ile tepkimeye girmeyen ve fitler kağıdının üzerinde kalan kısımları etüvde kurutularak asitteki kayıp oranından, bağlayıcı/agrega oranı 1/2 ile 2/3 arasında olduğu bulunmuştur (Tablo 2).

Tablo 2. Harçların asitte kayıp-bağlayıcı/agrega oranları

| Numune | Asitte Kayıp Yüzdesi % | Bağlayıcı/Agrega Oranı |
|--------|------------------------|------------------------|
| BHD1 | 35,10 | 1/2 |
| BHD2 | 34,06 | 1/2 |
| BHD3 | 36,20 | 1/2 |
| BHS1 | 40,20 | 2/3 |
| BHS2 | 41,30 | 2/3 |

Bu değerler tarihi yapılarda kullanılmış olan kireç harçlarındaki kireç/agrega oranları ile benzerlik göstermektedir. Uğurlu ve Böke (2013) Manisa'daki Aigai, Aydındaki Nysa arkeolojik alanlarında bulunan yapılarda kullanılan Roma dönemi harçları üzerine yapmış oldukları çalışmada harçlardaki kireç/ agrega oranının 1/4-1/1 aralığında, Kozlu (2010) Selçuklu dönemi 13.yy Kızıl köşk, Osmanlı dönemi 15.yy Güpgüpoğlu Konağı hamam yapılarında kullanılan harçlardaki kireç/ agrega oranının 1/2-1/1 aralığında olduğu ve bu çalışma sonuçlarına benzer sonuçlar olduğu görülmektedir (Moropoulou ve ark., 2005; Uğurlu ve ark., 2013).

XRF yöntemi ile yapı harçlarının içerisindeki maddelerin % oksit bileşenleri belirlenerek kimyasal özellikleri tanımlanmış ve analiz sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

XRF sonuçlarına göre örnekler yüksek oranda CaO ile SiO₂ ve daha düşük oranlarda Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, K₂O ve Na₂O içermektedir (Tablo 3).

Tablo 3. Harç örneklerinin % oksit cinsinden kimyasal bileşenleri

| Bileşen | BHD1 | BHD2 | BHD3 | BHS1 | BHS2 |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SiO ₂ | 42,13% | 29,29% | 28,55% | 5,56% | 16,51% |
| Al ₂ O ₃ | 5,03% | 6,85% | 5,28% | 1,17% | 5,87% |
| Fe ₂ O ₃ | 1,90% | 2,28% | 1,69% | 0,37% | 2,36% |
| MgO | 2,84% | 1,35% | 1,16% | 0,94% | 1,27% |
| CaO | 29,69% | 37,23% | 41,01% | 52,25% | 42,75% |
| Na ₂ O | 0,27% | 0,33% | 0,45% | 0,09% | 0,31% |
| K ₂ O | 1,71% | 1,93% | 2,37% | 0,32% | 1,62% |
| TiO ₂ | 0,12% | 0,25% | 0,15% | 0,04% | 0,26% |
| P ₂ O ₅ | 0,07% | 0,19% | 0,23% | 0,09% | 0,17% |
| MnO | 0,07% | 0,04% | 0,06% | 0,01% | 0,04% |
| Cr ₂ O ₃ | 0,05% | - | 0,01% | 28,83% | 0,02% |
| LOI | 16,10% | 39,18% | 20,25% | 16,51% | 19,03% |

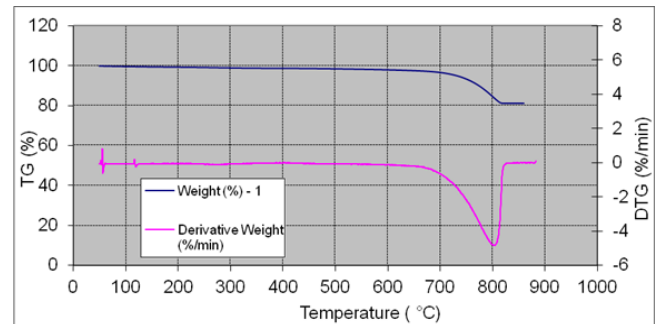
Harç numunelerinde görülen yüksek miktardaki CaO oranı bağlayıcı olarak kalsiyum kirecinin kullanıldığına işaret etmektedir. Sıva harcı numunesinde CaO oranının diğer harç numunelerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Petrografik analizdeki sıva harcı numunelerinin kireç bağlayıcısının taş taş arası harçlarda bulunan kireç bağlayıcısına göre daha fazla olduğu sonucu ile benzer bir sonuç göstermektedir.

Harçlarda TG/DTA analizleri sonuçları Tablo 4'te verilmiştir. Ayrıca örnek olarak Şekil 4'de BHD1 numunesinin TG analiz grafiği verilmiştir.

Tablo 4. Harçların hidrolik özellik sonuçları

| Numune adı | TG/DTG | | | |
|------------|-------------------------|---------------------------------------|--------------------------|--|
| | Hidrokopik su kaybı (%) | Yapısal su kaybı H ₂ O (%) | Karbondiyoksit kaybı (%) | Hidrolik özellik CO ₂ /H ₂ O |
| BHD1 | 0,32 | 1,37 | 17,04 | 12,43 |
| BHS1 | 0,53 | 2,59 | 39,59 | 15,29 |
| BHS2 | 0,61 | 2,24 | 29,62 | 13,20 |

Buna göre, incelenen tüm harç numunelerinde CO₂/H₂O oranı 10'un üstünde olduğundan harçların hidrolik olmadığı belirlenmiştir (Tablo 4). Bu değerler Moropoulou ve ark. (2005) yapmış olduğu çalışmadaki tipik kireç harcı örneklerinin değerleri ile uyumlu görülmektedir.



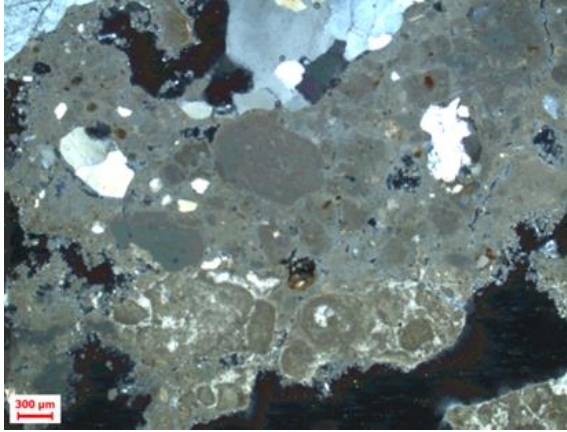
Şekil 4. BHD1 numunesinin TG analiz grafiği

Harçların Mineralojik Özellik Belirleme Sonuçları

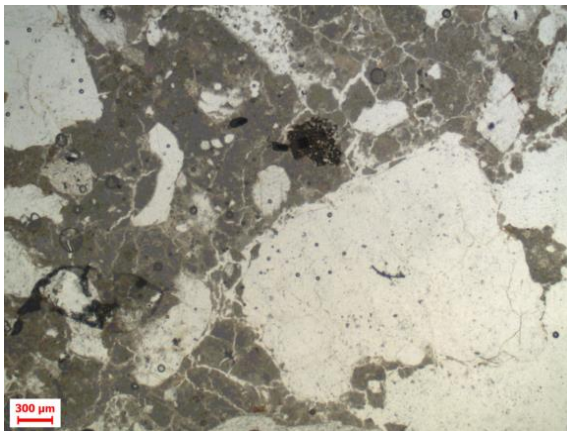
Petrografik Analiz Sonuçları

Büyük Hamam Batı eyvan harç numuneleri (BHD1) ince kesit petrografik analizinde; volkanik kayaç parçaları, mermer, kuvarsit ve mikaşist parçaları tespit edilmiş olup, mineral olarak köşeli taneli kuvars ve kalsit mineralleri görülmüştür (Şekil 5a).

Bağlayıcı olarak tane boyutu oldukça ince mikritik kireç parçacıkları tespit edilmiştir (Şekil 5b). Ayrıca silt ve kum boyutundaki zarflı (iç yapısı tam belli olmayan) peloidal agregalar ile bağlayıcıya önemli katkı sağlayan karbonat topakçıkları görülmüştür. Bağlayıcı kireç hamuru içinde kuvars parçalarının da olduğu Şekil 3b'de görülmektedir.



a

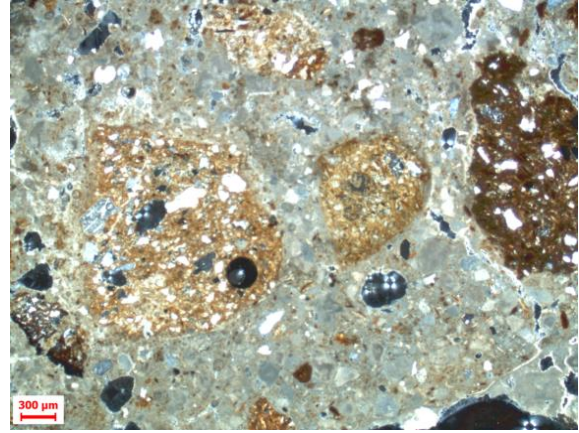


b

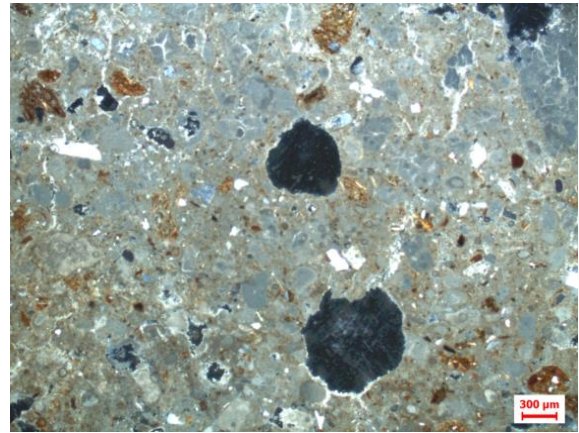
Şekil 5. BHD1 Polarize mikroskop görüntüleri; a. Genel doku, b. Bağlayıcının görünümü

Büyük Hamam İllık kuzeybatı sıva harç numuneleri (BHS1) ince kesit Petrografik analizinde; breş tanesi

içerisine inklüzyonlar şeklinde yerleşen silt boyutundaki kalsit ve kuvars mineralleri ile karbonat kireç hamuru ve silt boyutunda tuğla kiremit parçaları görülmüştür (Şekil 6a). Buradaki tuğla parçaları az miktarda ve sarımsı renkte olup az pişmiş tuğla kırıntıları olduğunu göstermektedir. Kaymak kireç bağlayıcı oranı fazla ve az boşluklu yapıya sahip olduğu da görülmüştür (Şekil 6b).



a



b

Şekil 6. BHS1 polarize mikroskop görüntüleri; a. Genel doku, b. Mikritik kireç topakçıklarının agregası ile bağlantısının görünümü

XRD (X-Işını Kırınımı) Analiz Sonuçları

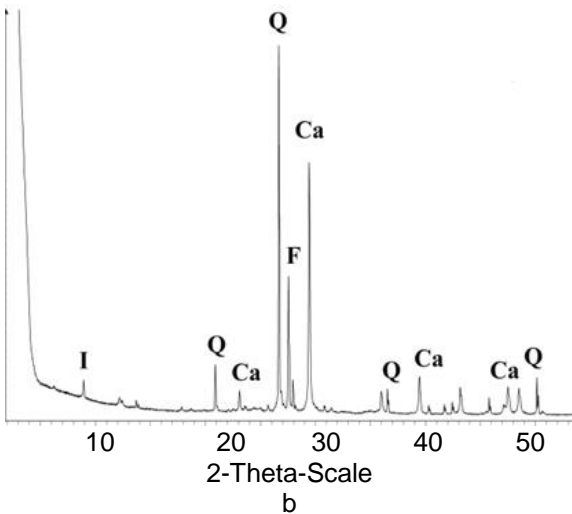
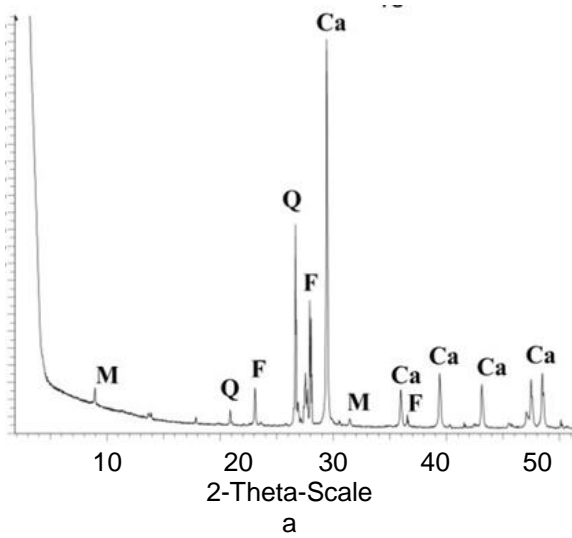
İleri teknik analizi XRD yöntemi ile harç ve sıva örneklerinin ince bağlayıcı kısımları ile normal kısımları incelenmiştir.

Hem ince hem de kalın boyuttaki agregaları da içeren tüm harç numunelerinin XRD analizlerinde temel olarak kalsit ve kuvars mineralleri ile az miktarda albit, mika ve kil mineralleri belirlenmiştir. Örnek olarak Şekil

Tarihi Büyük Hamam (Milas-Muğla) Yapısında Kullanılan Duvar ve Sıva Harçlarının Deneysel Olarak İncelenmesi

7a ve Şekil 7b'de sırasıyla BHD1 numunesinin ince bağlayıcı kısmı ile normal kısmının XRD grafiği verilmiştir.

XRD analizlerinde Petrografik analizden elde edilen kalsit ve kuvars minerallerin baskın olduğu sonucu ile uyumlu sonuçlar gözlenmiştir. Kalsit minerali bağlayıcı olarak kirecin kullanıldığını, kuvars minerali ise harçlardaki agregaların silisyum mineralini içerdiğini göstermektedir.



Şekil 7. BHD1 Numunesinin XRD Grafiği;
a. Bağlayıcı Kısım, b. Tüm Numune
(Q:Kuvarz, Ca:Kalsit, F:Feldspat I:İllite, M:Mika)

Harç numunelerinin mineralojik yapılarının diğer çalışmalara benzediğini söyleyebiliriz. Örneğin Uğurlu ve Böke (2013) inceledikleri Roma yapısı harçların bağlayıcı kısımlarının XRD grafiğinde kuvars ve kalsit mineralleri ağırlıklı olarak saptamıştır. Diğer bir çalışmada Ulukaya ve ark. (2013) inceledikleri Osmanlı yapılarında harç örneklerinin XRD grafiklerinde agregaların kuvars ve kalsit ağırlıklı olduğunu tespit etmişlerdir.

SONUÇ

Tarihi yapılarda kullanılan harçların bileşenlerinin belirlenmesi, restorasyon çalışmalarının başarısı açısından çok önemlidir. Harç bileşenleri, harçların fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri üzerine etkili olurken aynı zamanda çevresel etkilere bağlı olan harç bozulma ihtimallerini de belirlemektedir.

XRD ve petrografik analiz sonuçları incelenen kireç harçlarının ağırlıklı olarak kalsit ve kuvars az oranda da feldspar, mika, dolomit ve kil minerallerinden oluştuğunu göstermiştir.

Kalsitin varlığı bağlayıcı olarak kirecin kullanıldığını, kuvars ise agregaların silikat mineralleri içerdiğini göstermiştir. Ayrıca XRD sonuçlarında görüldüğü üzere numunelerin yüksek oranda CaCO_3 içermesi ve C-S-H'a rastlanmamış olması, ayrıca dolomit piklerinin çok küçük olması harçlarda saf kirecin kullanıldığını göstermiştir.

TG/DTA analizleri, harç örneklerinin tümünün hidrolik özellikte olmadıklarını göstermektedir. İncelenen harçlar saf kireç harçlarıdır.

Sonuç olarak, Osmanlı döneminde inşa edilmiş olan Büyük Hamam tarihi yapısında kullanılan taş-taş arası duvar örgü harcı ve sıva harçlarının, birçok tarihi yapıda saf kireç kullanılarak hazırlanmış olan harçların yoğunluk, porozite ve basınç dayanım değerlerine yakın olduğunu göstermiştir. Basınç dayanımlarının da düşük olması incelenen örneklerin hidrolik özellik göstermediğinden dolayı yani harçların saf kireç harcı olmalarından dolayı kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmaya verdikleri destekten dolayı İTÜ Jeokimya Araştırmaları Laboratuvarı'na (XRF ve XRD analizleri için), PAÜ öğretim üyesi Dr. Nazım Usta ve Y. Müh. Cihan Aratman'a (TG/DTG ve Petrografik analizler için) teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- Akyol, A.A., Kadioğlu, Y.K., Derakhshan Houreh, N. (2022). Afyon Ulu Cami arkeometrik analizleri. *Sanat ve Tasarım Dergisi*, 29: 37-65.
- Akyol, A.A., Aksoy, E., Kadioğlu, Y.K. (2022). Malatya Ulu Cami mimari, dekoratif ve yapısal malzemelerinin arkeometrik karakterizasyonu. *Amisos*, 7(13): 274-298.
- Aydın, M., Tanrikulu, H., Tetiker, S. (2019). Şanlıurfa-Hacı Yedigâr Camii restorasyon amaçlı yapı malzemelerinin arkeometrik özelliklerinin incelenmesi. *TÜBA-AR Türkiye Bilimler Akademisi Arkeoloji Dergisi*, 24: 237-247.
- Boynton R. S. (1966). *Chemistry and technology of lime and lime stone*. John Wiley&Sons, New York, USA.
- Böke, H., Akkurt, S., İpekoğlu, B. (2004). Tarihi yapılarda kullanılan horasan harcı ve sıvaların özellikleri. *Yapı Dergisi*, 69:90-95.
- Güleç, A., Ersen, A. (1998). Characterization of ancient mortars: evaluation of simple and sophisticated methods. *Journal of Architectural Conservation*, 1:56-67.
- Kozlu, H. (2010). Characterization of historical mortars and features of restoration mortars in Kayseri district. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Lea, F.M. (1940). Investigations on pozzolanas building research. *Technical Paper*, 27:1-63.
- Moropoulou, A., Bakolas, A., Anagnostopoulou, S. (2005). Composite materials in ancient structures. *Cement&Concrete Composites*, 27: 295-300.
- Oğuz, C., Türker, F., Koçkal, N.U. (2015). Properties of roman, byzantine and seljuk period mortar in andriake harbour. *Technical Journal of Turkish Chamber of Civil Engineering*, 26(1): 6993-7013.
- RILEM (2005). Investigative methods for the characterisation of historic mortars in materials and structures. 38, Part 1 and Part 2, 761-769 and 771-780.
- Sayın, B. (2016). Tarihi yığma yapıların malzeme özelliklerinin belirlenmesi ve uygulama önerileri. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 7(3): 387-398.
- TS EN 1015-11/A1 (2020). Methods of test for mortar for masonry- part 11: Determination of flexural and compressive strength of hardened mortar. Türkiye Standartlar Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- TS699 (2009). Methods of testing for natural building stones. Türkiye Standartlar Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Uğurlu-Sağın, E., Böke, H. (2013). Characteristics of roman mortar (cocciopesto). 4nd Strengthening of Historical Buildings and Safely Transferred to the Future Symposium, November 27-29, 2013, İstanbul, Turkey, Book of Proceedings, 131-140.
- Ulukaya, S., Yüzer, N., Yoruç, A.B. (2013). Experimental method applied to the identification of lime mortar, Byzantine, Seljuk and Ottoman structure sample of investigation. Fourth Strengthening of Historical Buildings and Safely Transferred to the Future Symposium, November 27-29, 2013, İstanbul, Turkey, Book of Proceedings, 289-300.
- URL-1 (2023). Venice, international charter for the conservation and restoration of monuments and sites 1964. <http://www.icomos.org.tr> (Erişim Tarihi: 02.01.2023)

Marmaris Peridotiti ile İlişkili Yüzey ve Yeraltısularının Hidrojeokimyasal Özellikleri: Acıpayam (Denizli) Batısı

Ayşen DAVRAZ 

Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Isparta.

Geliş Tarihi (Received): 27.04.2023, Kabul Tarihi (Accepted): 11.07.2023

✉ Sorumlu Yazar (Corresponding author*): aysendavraz@sdu.edu.tr

☎ +90 246 2111326 📠 +90 246 2370859

ÖZ

Güneybatı Türkiye'de Likya napları içerisinde bulunan Marmaris Peridotiti birimi geniş alanlarda yüzeylemektedir. Bu birimin kırık-çatlak düzlemleri boyunca farklı debilerde kaynak boşalımları gözlenmektedir. Bu çalışmada Acıpayam (Denizli) ilçesi batısında Marmaris peridotiti ile etkileşimi olan yüzey ve yeraltısularının hidrojeokimyasal özellikleri incelenmiştir. İnceleme alanında yüzey sularının Mg-HCO₃ su sınıfında, kaynak sularının ise Mg-HCO₃, Ca-Mg-HCO₃, Mg-Ca-HCO₃ ve Ca-HCO₃ su sınıflarında oldukları belirlenmiştir. İnceleme alanında suların kimyasal yapısını oluşturan hidrojeokimyasal süreçlerin tespit edilmesinde majör iyon içerikleri kullanılmıştır. Bölgede yüzey ve yeraltısularının kimyasını denetleyen baskın faktörün silikat ayrışması olduğu belirlenmiştir. Su örneklerinde baskın katyon Mg⁺² olup, Mg⁺² artışı Marmaris peridotitini oluşturan harzburgit ve dünit birimleri içerisinde bulunan olivin ve piroksen minerallerinin ayrışmasından kaynaklanmaktadır. İnceleme alanında dere sularının As içeriği 13.3 ve 15.7 µg/l, kaynak sularının As içeriği ise 0.36-14.4 µg/l arasında değişmektedir. Cr içeriği dere sularında 8.5-12 µg/l, kaynak sularında 3.5-14.1 µg/l arasındadır. Sularda iz elementlerin varlığı Marmaris peridotiti ile kaya-su etkileşimi kaynaklıdır.

Anahtar Kelimeler: Acıpayam, hidrojeokimya, peridotit, silikat ayrışması

Hydrogeochemical Characteristics of Surface and Groundwaters Associated With Marmaris Peridotite: West of Acıpayam (Denizli)

ABSTRACT

The Marmaris Peridotite unit, located within the Lycian nappes in southwestern Turkey, crops out in large areas. Spring discharges at different flow rates are observed along the fracture-crack planes of this unit. In this study, the hydrogeochemical properties of surface and groundwaters interacting with Marmaris peridotite in the west of Acıpayam (Denizli) district were investigated. It was determined that the surface waters in the study area are in Mg-HCO₃ water class, and the spring waters are in Mg-HCO₃, Mg-Ca-HCO₃, Ca-Mg-HCO₃ and Ca-HCO₃ water classes. Major ion contents were used to determine the hydrogeochemical processes that make up the chemical structure of the waters in the study area. It has been determined that the dominant factor controlling the chemistry of surface and groundwaters in the region is silicate weathering. The dominant cation in the water samples are Mg⁺², and the Mg⁺² increase is due to the decomposition of olivine and pyroxene minerals in the harzburgite and dunite units that make up the Marmaris peridotite. In the study area, the As content of the stream waters varies between 13.3 and 15.7 µg/l, and the As content of the spring waters varies between 0.36-14.4 µg/l. The Cr content is between 8.5-12 µg/l in stream waters and 3.5-14.1 µg/l in spring waters. The presence of trace elements in the waters is due to the Marmaris peridotite and the rock-water interaction.

Keywords: Acıpayam, hydrogeochemistry, peridotite, silicate weathering,

GİRİŞ

Yüze ve yeraltı suyu kimyası jeojenik süreçler (kaya ayrışması ve iyon değişimi) ve antropojenik faaliyetler tarafından kontrol edilir. Yüze ve yeraltı sularının kimyasal bileşimi, etkileşimde oldukları kayaçların ve akiferlerin kimyasal ve mineralojik özellikleri, akış koşulları, suyun akiferde kalma süresi, akış hızı, oksidasyon/indirgenme, katyon değişimi, çözünme/çökelme, kimyasal ayrışma, suların karışması, tarımsal faaliyetler vb. gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedirler (Freeze ve Cherry, 1979; Appelo ve Postma, 1993). Bu süreçler içerisinde suların hidrojeokimyasal yapısını denetleyen en önemli faktör olarak jeojenik süreçler sayılabilir.

Bu çalışmada Marmaris peridotitinin geniş alanlarda yüzeyletiği ve bu birim ile ilişkili yüze ve yeraltısularının bulunduğu Acıpayam (Denizli) batısındaki bölge seçilmiştir. Çalışmada bölgede bulunan yüze ve yeraltısularının hidrojeokimyasal yapısının tespiti ve bu su sınıflarını denetleyen hidrojeokimyasal süreçlerin tanımlanması amaçlanmıştır.

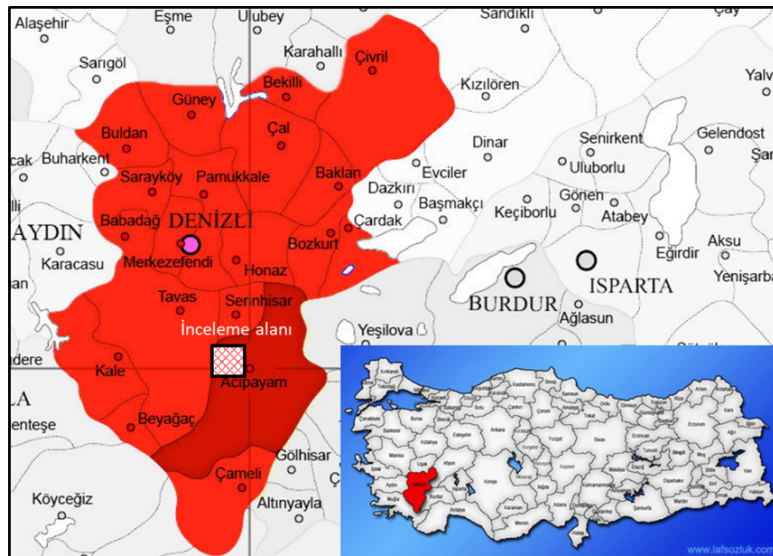
Marmaris peridotiti, Likya naplarının beş ayrı tektonik birliğinden biri olan Marmaris ofiyolit napına aittir ve Kızılcaadağ melanj ve olistrosromu ile birlikte bu napı temsil etmektedirler. Likya napları Güneybatı Türkiye'de Menderes Masifi ile Beydağları Otoktonu arasında yer alan allokon konumlu kütleler olarak tanımlanmaktadır (Şenel ve ark., 1989). Ofiyolitik kayaçlar değişen derecelerde serpantinleşmeden etkilenen mafik ve ultramafik kayaçları içerir. Ofiyolitik birimlerdeki bazik-ultrabazik kayaçlar su-kaya etkileşim süreçleri ile bol miktarda ikincil mineral oluşumuna yol açmaktadır (Guillot ve Hattori, 2013; D'Alessandro ve ark., 2018). Kıtaldaki eski serpantinler, kuzey Hindistan, Türkiye ve Appalachians'ta

olduğu gibi paleo-okyanusların kapanmasıyla ilişkili kenet zonlarında iyi bir şekilde yüzeylemektedir (Coleman, 1977). Serpantinler, çoğunlukla serpantin grubu minerallerden krizotil, lizardit ve antigoritten oluşan kayaçlardır. Olivince zengin ultramafik kayaçların hidrasyonu ile oluşurlar ve ağırlıkça ~%13'e kadar H₂O içerirler (Guillot ve Hattori, 2013). Dünyanın farklı yerlerinde peridotitler ve ofiyolitik kayaçlar ile ilişkili yüze ve yeraltı sularının hidrojeokimyasal faşiyeleri, iyon içerikleri, nadir toprak elementlerinin varlığı ile ilişki ve izotop içerikleri gibi konuların araştırıldığı araştırmalar bulunmaktadır (D'Alessandro ve ark., 2018; Giampouras ve ark., 2019; Demer ve ark., 2019; Zwicker ve ark., 2022).

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma Alanı

Acıpayam ilçesi Denizli iline bağlı Akdeniz Bölgesi içerisinde bulunmaktadır (Şekil 1). Acıpayam Ovası'nda Kuvaterner alüvyal yelpaze, yamaç molozu ve alüvyonlar ile Pliyosen Çameli formasyonundan yeraltısuyu alınmaktadır. Acıpayam Ovasında yeraltısuyu boşalımı ova içerisinden geçen Dalaman Çayı'na doğrudur. Ovada açılmış drenaj kanalları vasıtasıyla da Dalaman çayına yeraltısuyu boşalımı olmaktadır (DSİ, 1974). Acıpayam ilçesi batısında geniş alanlarda yüzeyleyen Marmaris peridotiti ile ilişkili bölgede çok sayıda kaynak boşalimleri bulunmaktadır. Acıpayam'da tarımsal faaliyetler yaygın geçim kaynağı olması yanısıra ovanın batısında yüzeyleyen Marmaris peridotiti birimi içerisinde bulunan krom işletmeleri de önemli ekonomik katkı sağlamaktadır.



Şekil 1. İnceleme alanı yer bulduru haritası

Çalışma Alanının Jeoloji ve Hidrojeolojik Özellikleri

Acıpayam ovası ve batısında Likya naplarına ait Bodrum ve Marmaris ofiyolit napına ait birimler yüzeylenmektedir. Bölgede, Bodrum napına ait Dikilitaş formasyonu, Ürmükdağ kireçtaşı, Karaböğürtlen, Sandak ve Bozdağ formasyonları yüzeylenmektedir. Dolomitik kireçtaşı, pelletik kireçtaşı, oolitik kireçtaşı ve rudist parçalı kireçtaşlarından oluşan Dikilitaş formasyonu Acıpayam batısında Kırdığı çevresinde gözlenmektedir (Şekil 2). Dikilitaş formasyonunun mercanlı kireçtaşları ise Kağnıgediği üyesi olarak adlandırılmıştır. Karaböğürtlen formasyonu konglomera, kumlu-killi kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı, kumtaşı, kalsitürbidit, kiltası ve silttaşlarından oluşmaktadır. Liyas yaşlı Sandak formasyonu mikrit, sparmikrit, pelsparit, oolitic mikritler ve dolosparitlerden oluşmaktadır. Bozdağ formasyonu ise çört yumrulu kireçtaşları ile temsil edilmektedir. Ürmükdağı kireçtaşı; orta-kalın-çok kalın tabakalı, kalkarenit, intrasparit, biyosparit, biyomikrit ve oolitic-pelletli biyomikritlerden yapıldır. Hisarköy formasyonu mikrit ve türbiditik çökellerden oluşmaktadır (Akdeniz, 2011).

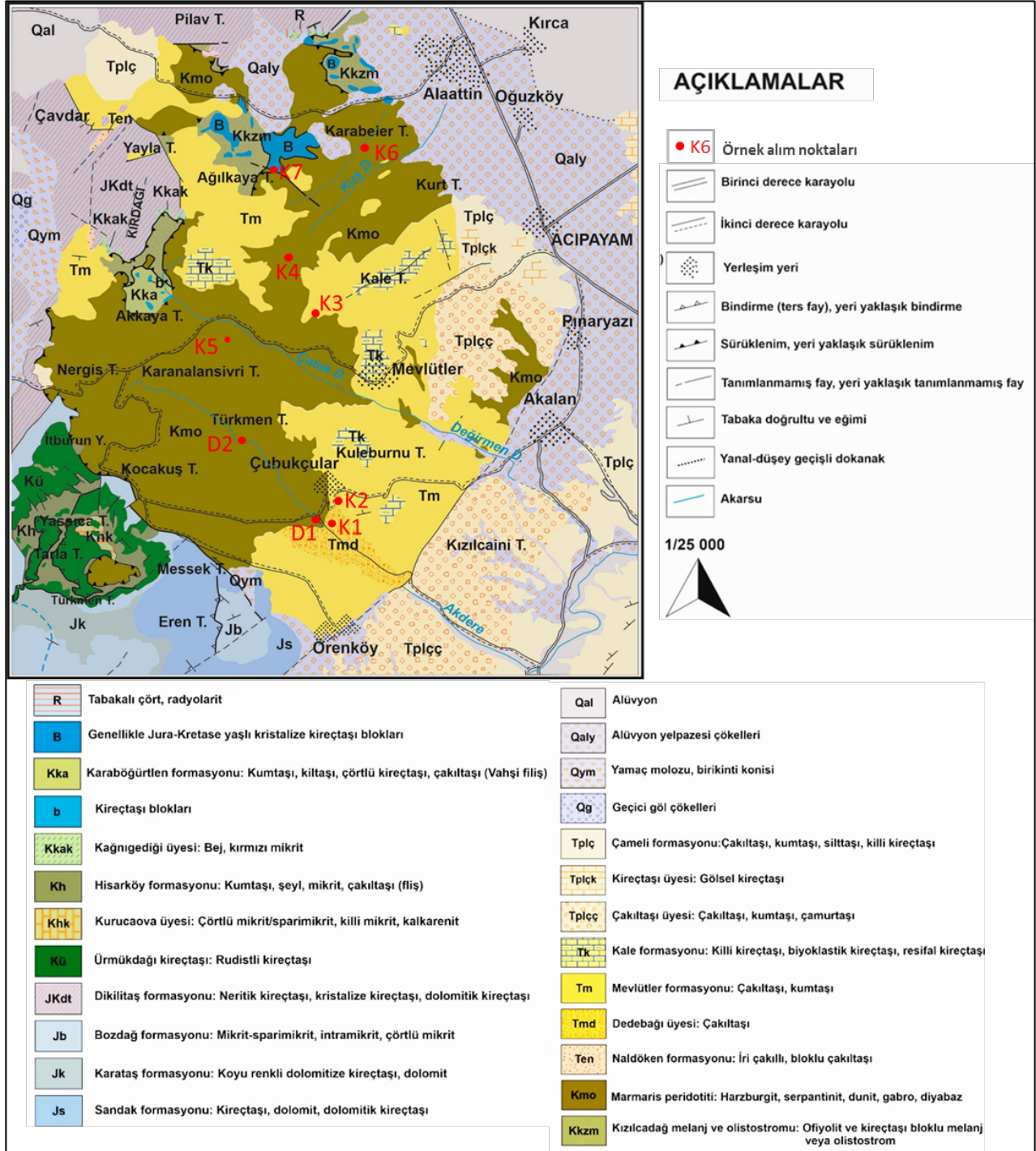
Likya naplarının en üst yapısal birimi olarak değerlendirilen Marmaris ofiyolit napına ait Acıpayam batısında geniş alanlarda yüzeyleyen Marmaris peridotiti ve Kızılcaadağ melanj ve olistrosromu birimleri bulunmaktadır. Marmaris peridotiti serpantin, peridotit, piroksenit, gabro ve diyabaz gibi ultramafik – mafik kaya topluluklarından oluşmaktadır. Marmaris peridotitinin egemen kaya türü harzburjit olup yüksek topoğrafyalarda sert yüzeyler halinde gözlenmektedirler. Harzburjitler ile geçişli de bulunabilen dünitler ise daha düşük topoğrafyalarda yüzeylenmektedir. Serpantinleşme peridotit kütlesinin hemen her kesiminde, özellikle karbonat napları ile olan tektonik dokanıklarda etkindir. Gabro ve diyabazlar genellikle izole dayklar şeklindedir (Akdeniz, 2011). Acıpayam kuzeyinde peridotit napının altında, Çameli dolayında ise üstünde gözlenen Kızılcaadağ melanj ve olistrosromu sedimanter, volkanik, metamorfik ve ofiyolitik kayaları kapsayan karmaşık bir yapı sunmaktadır. Kırdığı (Acıpayam batısı) güneyinde kırmızı radyolarit ve tabakalı çörtler yaygındır. Birim içerisinde ayırtlanabilen irili ufaklı kireçtaşı bloklarının çoğunluğu kristalize yapıldır.

Acıpayam ve çevresinde örtü kayaları olarak Alt Miyosen yaşlı Mevlütler ve Kale formasyonları, Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Çameli formasyonu ve Kuvaterner birimler yüzeylenmektedir. Acıpayam'ın batı güneybatısında geniş alanlarda yayılım gösteren Mevlütler formasyonu çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşından oluşmaktadır. Mevlütler formasyonunun tabanındaki kötü boylanmalı, kaba taneli çakıltaşı seviyeleri Dedebağı üyesi olarak adlanmıştır. Kale formasyonu ise çakıllı kumtaşı, marn, silttaşı, çamurtaşı,

kumlu kalkarenit ardalanmasından oluşmaktadır (Akdeniz, 2011). Likya napları üzerinde açıl uyumsuz olarak bulunan Çameli formasyonu kiltası, kumtaşı, çakıltaşı, marn, konglomera gibi litolojilerden oluşmaktadır. Birim Kuvaterner oluşuklar tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. Acıpayam güneyi ve batısında geniş alanlarda gözlenen kumtaşı ve çamurtaşı ara seviyeli gevşek veya zayıf tutturulmuş çakıltaşlarından oluşan birim Çakıltaşı üyesi olarak adlandırılmıştır. Acıpayam yerleşim yerinin bulunduğu alan ve çevresi Alüvyon Yelpaze üzerinde bulunmaktadır. Alüvyon yelpazede bölgede bulunan formasyonlara ait kayaçları içermekte olup kireçtaşı, konglomera, ofiyolit çakılları yoğunluktadır. Alüvyon inceleme alanının doğusunda bulunan Acıpayam ovasında geniş alanlarda ve dere yataklarında gözlenmektedir.

Acıpayam çevresinde en önemli akifer birimler alüvyon, alüvyon yelpaze ve Çameli formasyonunun çatlaklı kumtaşı, kireçtaşı, konglomera seviyeleridir. Ova alanında bu birimlerde açılmış çok sayıda sondaj kuyusu bulunmaktadır. Acıpayam Ovasında yeraltısuyu boşalımı ova içerisinden geçen Dalaman Çayı'na doğrudur. Ovada açılmış drenaj kanalları vasıtasıyla da Dalaman Çayı'na yeraltısuyu boşalımı olmaktadır (DSİ, 1974). Bölgede yüzeyleyen Jura-Kretase yaşlı kireçtaşları ve Ürmükdağı kireçtaşları ile Hisarköy, Sandak, Bozdağ ve Dikilitaş formasyonları karstik akifer özelliği taşımaktadır. Kireçtaşları birbirini kesen kırık, çatlak ve erime boşluklarının yoğunluğuna bağlı olarak yeraltısuyu bulundurabilmektedir. İnceleme alanında yüzeyleyen Mevlütler, Kale, Karaböğürtlen ve bu formasyonlara ait üye birimler az geçirimli birimlerdir. Bu formasyonlar içerisindeki çakıltaşı, kumtaşı ve kireçtaşı seviyeleri kalınlıkları ve yayılımlarının artışı oranında yeraltısuyu bulundurabilmektedir. Ancak, bu litolojilerin geçirimsiz özellikteki marn, çamurtaşı ve silttaşı seviyeleri ile aralanmalı halde bulunması önemli miktarda yeraltısuyu bulundurma kapasitelerini kısıtlamaktadır. İnceleme alanı ve çevresinde bu birimlerden boşalan çok sayıda su kaynağı bulunmaktadır.

Marmaris Peridotiti ile İlişkili Yüzeysel ve Yeraltısularının Hidrojeokimyasal Özellikleri: Acıpayam (Denizli) Batısı



Şekil 2. İnceleme alanının jeoloji haritası ve örnek alım noktaları

Marmaris peridotiti birimi içerisindeki kırık-çatlak sıklığına bağlı olarak yeraltısuyu bulundurabilmekte olup Acıpayam batısında bu birimden boşalan düşük debili kaynaklar mevcuttur. Bölgede küçük alanlarda gözlenen Kızılcadağ melanj ve olistostromu ise birim içerisinde karmaşık olarak bulunan litolojilerin yeraltısuyu bulundurma özelliklerinin kısıtlı olması nedeniyle geçirimsiz özelliktedir.

Araştırma Yöntem ve Arazi Çalışmaları

Bu çalışmada Acıpayam ilçesi batısında geniş alanlarda yüzeyleyen Marmaris peridotiti ve çevresinde bulunan kayalarla ilişkili yüzeysel ve yeraltısularından su örnekleri alınmıştır. Örnek alım işlemleri sırasında, öncelikle yerinde ölçüm parametreleri olarak bilinen, sıcaklık (T), hidrojen iyonu konsantrasyonu (pH), toplam çözünmüş katı madde (TDS) ve elekt-

riksel iletkenlik (EC) parametreleri ölçülmüştür. Katyon ve iz element analizleri Bureau Veritas (Kanada) laboratuvarlarında yaptırılmıştır. Bu analiz grubu için alınan örneklerin pH değeri arazide %5'lik nitrit asit (HNO_3) ilave edilerek 2'nin altına düşürülmüştür. Su örneklerinin azot türevi ve anyon analizleri Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Su, Kayaç ve Mineral analiz laboratuvarında yaptırılmıştır. Çalışma alanında bulunan yüze ve yeraltı sularının hidrojeokimyasal yapısını denetleyen hidrojeokimyasal süreçlerin değerlendirilmesinde farklı oranlar ve grafikler kullanılmıştır. Arazi çalışması sırasında kaynaklarda debi ölçümleri de yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Su Noktaları

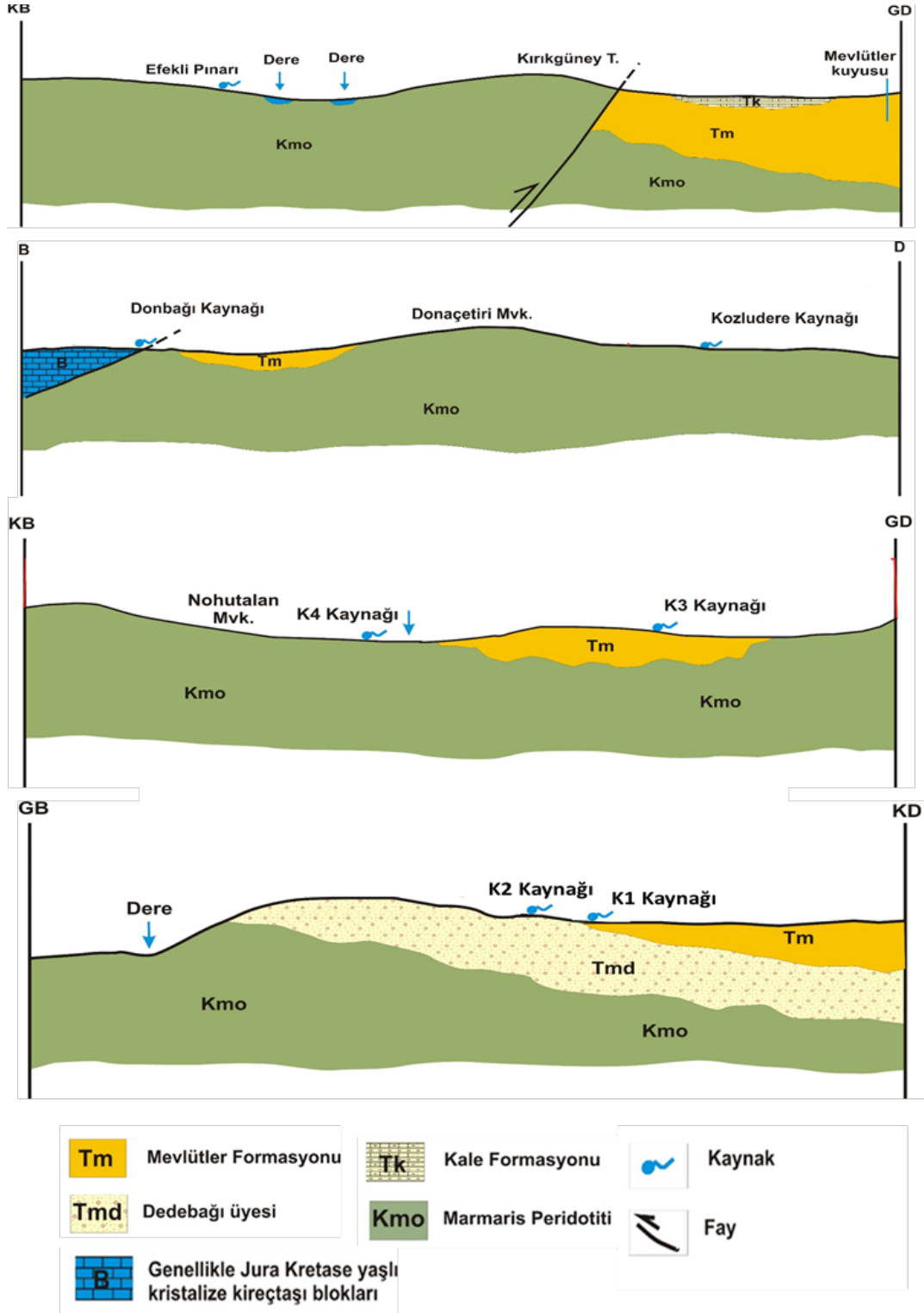
İnceleme alanı olarak seçilen Acıpayam batısında Mevlütler formasyonu, Dedebağı üyesi, Marmaris peridotiti ve Jura-Kretase kireçtaşları birimlerinden boşalan kaynaklar bulunmaktadır. Söz konusu kaynaklardan arazi çalışması sırasında yapılan debi ölçümlerine göre kaynak debilerinin 0.20-4.24 l/s arasında değiştiği belirlenmiştir. Kaynakların koordinat ve debi bilgileri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo1. İnceleme alanında bulunan su kaynaklarına ait bilgiler

| Kaynak Adı | Kaynak Koordinatları | | | Debi l/s |
|-----------------------|----------------------|--------|------|----------|
| | X | Y | Z | |
| K1 | 4136872 | 701941 | 1193 | 1 |
| K2 | 4137296 | 701890 | 1201 | 2.63 |
| K3 | 4142506 | 700345 | 1302 | 4.24 |
| K4 | 4143946 | 700045 | 1278 | 3.75 |
| Efekli pınarı (K5) | 4141538 | 698775 | 1341 | 2.50 |
| Kozludere kaynak (K6) | 4146938 | 701141 | 1179 | 0.20 |
| Donabağı kaynağı (K7) | 4147221 | 701134 | 1169 | 0.20 |

Donabağı kaynağı (K7), kaynak grubu şeklinde Kızıl-cadağ melanj ve olistrosromu ile bu birim içerisindeki kireçtaşı bloğu arasında bulunan fay düzlemi ile ilişkili olarak Marmaris peridotiti birimi içinden boşalmaktadır. Efekli (K5), Kozludere (K6) ve K4 kaynakları Marmaris peridotiti biriminden, K3 kaynağı ise Mevlütler formasyonundan boşalmaktadır. Mevlütler formasyonu içerisindeki çakıltaşı ve kumtaşı seviyeleri yeraltısuyu bulundurabilmektedir. K1 ve K2 kaynakları Mevlütler formasyonunun tabanında bulunan

çakıltaşından oluşan Dedebağı üyesi biriminden boşalmaktadır. Çakıltaşlarının akifer olma kapasitesi yayılımları ve kalınlıklarının büyüklüğü ile doğru orantılıdır (Şekil 3). Yeraltısularının en önemli beslenim elemanı yağıştır. Yağış suları ile beslenen bu kaynakların debileri yağış miktarı ile doğru orantılı olarak artış göstermektedir.



Şekil 3. Kaynaklara ait şematik enine kesit

Yüze ve Yeraltısuyu Örneklerinin Hidrojeokimyasal Özellikleri

Çalışma kapsamında kaynak suları ve Marmaris peridotiti birimi içerisinde bulunan dere sularından örnekler alınmıştır. EC değeri, kaynak suları için 440-840

$\mu\text{S/cm}$ arasında, dere suları için 610-630 $\mu\text{S/cm}$ arasında ölçülmüştür. PH değeri ise kaynak sularında 7.41-8.0, dere sularında 8.36-8.41 arasındadır (Tablo 2).

Tablo 2. Su örneklerinin kimyasal analiz sonuçları

| | D1 | D2 | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 |
|--------------------------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| pH | 8.41 | 8.36 | 8.0 | 7.41 | 7.92 | 7.86 | 7.5 | 7.2 | 7.48 |
| EC ($\mu\text{h/cm}$) | 610 | 630 | 520 | 440 | 650 | 840 | 820 | 835 | 580 |
| Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) | 8.3 | 8.36 | 8.0 | 7.41 | 7.92 | 7.86 | 7.8 | 7.82 | 8.2 |
| TDS (mg/l) | 310 | 310 | 260 | 220 | 320 | 420 | 451 | 459 | 319 |
| Sertlik (Fr°) | 43.86 | 43.45 | 36.19 | 31.28 | 46.56 | 51.16 | 51.6 | 52.5 | 29.65 |
| Na^+ (mg/l) | 1.64 | 1.59 | 4.15 | 3.71 | 1.74 | 4.86 | 1.45 | 2.50 | 1.89 |
| K^+ (mg/l) | 0.27 | 0.18 | 0.36 | 0.40 | 0.29 | 0.48 | 0.45 | 0.50 | 0.25 |
| Ca^{+2} (mg/l) | 8.99 | 8.07 | 48.71 | 77.27 | 19.28 | 29.46 | 28.41 | 30.1 | 102.1 |
| Mg^{+2} (mg/l) | 101.2 | 100.77 | 58.46 | 29.17 | 101.5 | 106.56 | 108.2 | 109.5 | 25.2 |
| CO_3^{2-} (mg/l) | 54.0 | 54.0 | 30.0 | 0.00 | 30.0 | 24.0 | 20.0 | 22.0 | 25.0 |
| HCO_3^- (mg/l) | 457.5 | 439.2 | 372.1 | 359.9 | 481.9 | 524.6 | 510.2 | 525.6 | 595.0 |
| Cl^- (mg/l) | 3.31 | 3.31 | 7.89 | 4.86 | 3.18 | 6.59 | 7.1 | 6.68 | 2.65 |
| SO_4^{2-} (mg/l) | 3.19 | 2.96 | 5.46 | 4.35 | 2.63 | 5.78 | 5.68 | 5.65 | 4.10 |
| Al ($\mu\text{g/l}$) | 3 | 2 | 1 | 2 | 4 | 14 | 12 | 10 | 2 |
| As ($\mu\text{g/l}$) | 13.3 | 15.7 | 8.5 | 9.0 | 13.5 | 14.4 | 7.8 | 8.2 | 0.36 |
| B ($\mu\text{g/l}$) | 6 | 5 | 12 | 12 | 13 | 8 | <0.05 | <0.05 | <0.05 |
| Cr ($\mu\text{g/l}$) | 12.0 | 8.5 | 8.9 | 4.9 | 9.0 | 14.1 | 13.2 | 12.7 | 3.5 |
| Cu ($\mu\text{g/l}$) | 1.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.8 | 0.7 | 0.9 | 0.5 |
| Fe ($\mu\text{g/l}$) | <10 | <10 | <10 | <10 | 14 | <10 | <10 | <10 | <10 |
| Mn ($\mu\text{g/l}$) | 0.25 | 0.34 | 0.13 | 0.25 | 2.86 | 0.49 | 0.39 | 0.51 | 0.15 |
| Ni ($\mu\text{g/l}$) | 2.9 | 2.6 | 4.6 | 7.4 | 2.9 | 7.9 | <0.10 | 0.19 | <0.10 |
| Pb ($\mu\text{g/l}$) | <0.2 | 0.4 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | 3.8 | <4.50 | <4.50 | 7.76 |
| Si (mg/l) | 15.21 | 13.42 | 29.79 | 18.99 | 18.18 | 11.46 | 12.15 | 11.56 | 28.89 |
| Zn ($\mu\text{g/l}$) | 12.6 | 4.3 | 1.5 | 3.3 | 2.3 | 3.5 | 2.9 | 3.1 | 1.2 |
| F (mg/l) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.037 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | <0.012 | 0.03 |
| NO_2 (mg/l) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | <0.005 | <0.005 | <0.005 |
| NO_3 (mg/l) | 0.368 | 0.350 | 0.097 | 1.490 | 1.349 | 0.087 | <1.00 | 1.95 | 1.08 |
| % Na | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.01 | 0.02 | 0.61 | 1.02 | 1.13 |
| SAR | 0.21 | 0.19 | 1.28 | 2.19 | 0.45 | 0.65 | 0.03 | 0.05 | 0.04 |
| $\text{HCO}_3/\text{SiO}_2$ | 1.05 | 1.15 | 0.44 | 0.66 | 0.93 | 1.60 | 1.47 | 1.59 | 0.72 |
| Na/Cl | 0.763 | 0.742 | 0.807 | 1.175 | 0.844 | 1.134 | 0.315 | 0.580 | 1.093 |
| CAI-I | 0.161 | 0.204 | 0.152 | -0.248 | 0.078 | -0.199 | 0.625 | 0.351 | -0.173 |
| CAI-II | 0.002 | 0.002 | 0.005 | -0.005 | 0.001 | -0.004 | 0.012 | 0.006 | -0.001 |
| Su sınıfı | Mg- HCO_3 | Mg- HCO_3 | Mg-Ca- HCO_3 | Ca-Mg- HCO_3 | Mg- HCO_3 | Mg- HCO_3 | Mg- HCO_3 | Mg- HCO_3 | Ca- HCO_3 |

K5: Efekli kaynağı, K6:Kozludere kaynağı, K7:Donbağı kaynağı

Yüze ve yeraltısularından baskın anyon HCO_3 olup 359.9 ve 595 mg/l arasında değişmektedir. Sularda HCO_3 varlığı için en bilinen model, kalsiyum karbonatın CO_2 ile çözünmesidir. Eşitlik 1'de verilen bu modelde HCO_3 ve Ca, yağmur suyunun sızması sırasında yüze ve yeraltı sularına salınacaktır. Benzer şekilde, silikat ayrışması da sulardaki HCO_3 konsantrasyonunu arttırmaktadır (Elango ve Kannan, 2007).



Çalışma alanındaki yüze ve yeraltı sularında baskın katyon Mg^{+2} 'dir. Mg^{+2} iyonları kaynak ve dere sularında 10.2 ile 109.5 mg/l arasında tespit edilmiştir. Sularda Mg^{+2} iyonu genel olarak dolomit mineralinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca, magmatik (olivin, piroksen, ojit, biyotit) ve metamorfik (serpantin, tremolit, talk) kayaç mineralleri ile evaporit ile etkileşimi

olan sularda Mg^{+2} bulunabilmektedir (Singh ve ark., 2012).

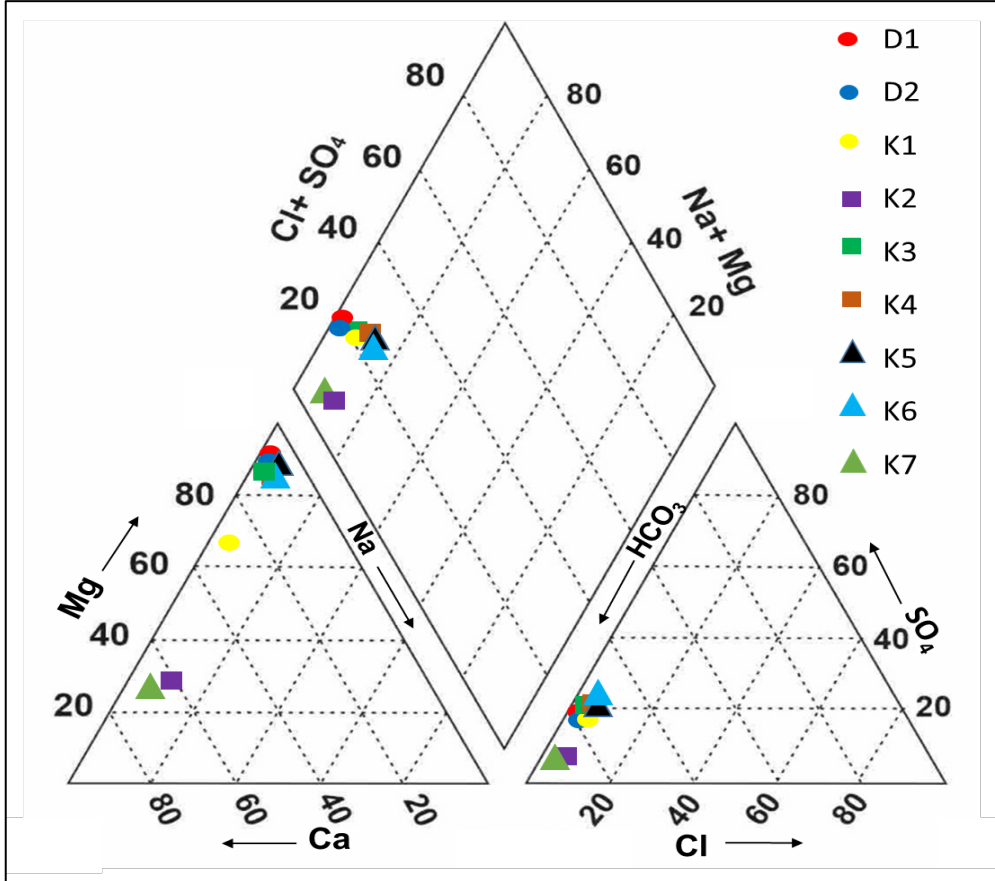
Ca^{+2} konsantrasyonları kaynak ve dere suyu için 8.07-102.1 mg/l aralığında değişmektedir (Tablo 2). Sularda kalsiyum en çok kalsit, dolomit, aragonit, anhidrit ve jips mineralleri ile ilişkili olarak bulunmaktadır. Ayrıca, kalsiyum iyonları amfibol ve piroksen grupları, apatit, vollastonit, florit ve bazı feldispat minerallerinin çözünmesinden de elde edilebilir.

Su Tipleri

Hidrolojik sistemlerde suyun kimyasal karakteri hidrokimyasal fasiyes kavramı ile belirlenmiştir (Back, 1966). Hidrokimyasal fasiyes, kayaçlardaki mineraller ile yüze ve yeraltı suları arasında meydana gelen hidrokimyasal süreçlerin etkilerini yansıtır (Sajil Kumar, 2013). Hidrokimyasal fasiyes kavramı, yeraltı ve yüze sularının kimyasal değerlendirmesi için

birçok çalışmada yaygın olarak kullanılmaktadır. Piper (1944) suyun hidrojeokimyasal fasiyeslerinin belirlenmesinde kullanılan ilk grafik uygulamaları önermiştir. Bu diyagram su örnekleri arasındaki farklılıkları ve benzerlikleri ortaya koymaktadır. İnceleme alanında yüze ve yeraltı suları Piper diyagramı üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 4). Yüze suları Mg-HCO₃ su sınıfında kaynak sularında ise Mg-HCO₃, Ca-HCO₃, Ca-Mg-HCO₃ ve Mg-Ca-HCO₃ su sınıfları tespit edilmiştir. Suların tümünde alkali toprak element-

leri (Ca²⁺+Mg²⁺), alkali elementleri (Na⁺+K⁺) toplamından büyük, zayıf asit kökleri (CO₃+HCO₃), güçlü asit kökleri (Cl⁻+SO₄²⁻) toplamından büyüktür. Mg²⁺ artışı peridotit birimiyle kaya-su etkileşiminden kaynaklanmaktadır. Günümüzde serpantin mineralojisinin, Mg²⁺ bakımından zengin olivin ve ortopirokserinin yaklaşık Mg₃Si₂O₅(OH)₄ formülüne sahip serpantin minerallerine dönüştüğü peridotitin nispeten düşük sıcaklıkta hidrasyonundan kaynaklandığı bilinmektedir (Evans ve ark., 2013).

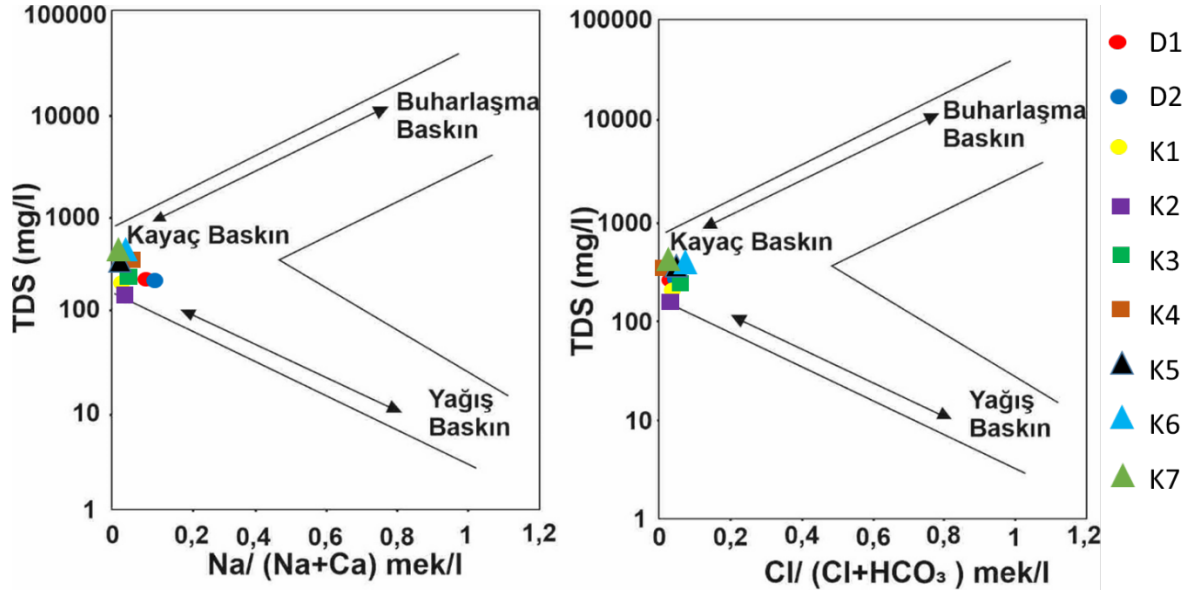


Şekil 4. Piper diyagramı

Hidrojeokimyasal Proseslerin Tanımlanması

Gibbs (1970) diyagramı, suyun sahip olduğu iyonik oranları kullanarak su bileşimi ve kökeni hakkında bilgi edinmekte kullanılmaktadır. Bu diyagram ile su kimyasını kontrol eden süreçler tespit edilebilmektedir. İnceleme alanındaki su örnekleri Gibbs diyagramı üzerinde "**Kayaç Baskın**" alanında olup kaya-su etkileşiminin yüze ve yeraltı sularının kimyasını

denetleyen temel faktör olduğu söylenebilir (Şekil 5). Suların kayalarla etkileşimi sırasında gerçekleşen süreçlere bağlı olarak kimyasal yapıları biçimlenmektedir. Suların kimyasal yapısı iyon alışverişi, ayrışma-çözünme (silikat ayrışması -karbonat ayrışması) ve buharlaşma gibi muhtemel hidrojeokimyasal süreçler ile denetlenmektedir (Johnson, 1979).



Şekil 5. Gibbs diyagramı

Kayaların ayrışması, akifer sistemlerindeki jeokimyasal döngüyü kontrol eden önemli süreçlerden biridir (Berg, 1932). Kimyasal ayrışmanın doğası ve hızı, ana kaya türü, topografya ve iklim sistemi ile birlikte birbirine bağlı değişkenlere bağlı olarak önemli ölçüde farklılık gösterir. Silikat ayrışması sert kayalık arazide su kimyasını kontrol eden önemli jeokimyasal süreçlerden biridir (Garrels ve Mackenzie, 1967). Yeraltısuyunun mevcut kimyasal bileşiminin açıklanmasında çeşitli katyonların anyonlara karşı iyonik ilişki grafikleri kullanılmaktadır (Hounslow, 1995).

Minerallerin çözünmesi ve ayrışması $(Ca+Mg)/(HCO_3+CO_3+SO_4)$ grafiği ile tanımlanabilmektedir. Bu grafikte, örnek noktaları 1:1 doğrusu üzerinde ve yakınında ise kalsit, dolomit ve jips çözünürlüğünün baskın reaksiyon olduğu düşünülür (Datta ve Tyagi, 1996). Grafikte 1:1 denge çizgisinin altına ve üstüne düşen numuneler sırasıyla iyon değişimi ve ters iyon değişimi işlemlerini gösterir (Rajmohan ve Elango, 2004). İyon değiştirme işlemi sırasında Ca^{+2} katyonları toprakta tutulur ve Na^+ katyonları sulara salınır. Tersine, ters iyon değiştirme işlemi yoluyla, Na^+ katyonları toprakta tutulur ve Ca^{+2} katyonları sulara salınır. Grafikte çakıldaş ile ilişkili olan su kaynaklarının 1:1 denge çizgisi üzerinde, dere suyu örneklerinin 1:1 denge çizgisine yakın olup hemen altında, peridotitlerle ilişkili olarak boşalan kaynak sularının 1:1 denge çizgisinin üzerinde ve kireçtaşı-peridotit ilişkili kaynak suyunun ise 1:1 denge çizgisinin altında yer aldığı görülmektedir (Şekil 6a).

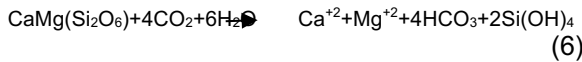
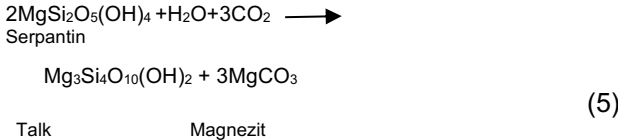
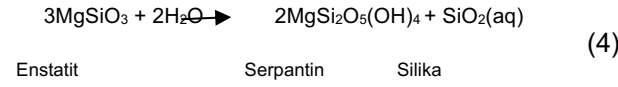
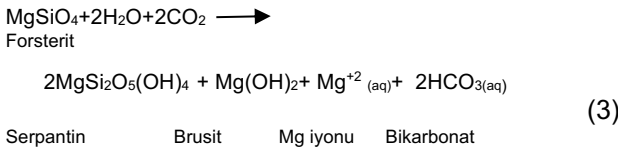
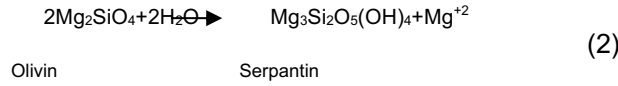
Yüze ve yeraltı sularında çözülmüş iyonların ana kaynağını daha iyi tanımlayabilmek için, su numunelerinin iyon içerikleri $(Ca+Mg)/HCO_3$ diyagramında gösterilmiştir (Şekil 6b). Grafikte çoğu veri noktasının 1:1 denge çizgisinin üzerine düştüğü görülmektedir.

Bu, kalsiyum ve magnezyumun büyük bir bölümünün karbonat olmayan kaynaklardan türetildiğini düşündürmektedir. Bu durum, silikat ayrışmasının suda çözülmüş tuzların varlığı ile ilgili birincil mekanizma olduğunu göstermektedir (Elango ve ark., 2003; Kumar ve ark., 2012).

İnceleme alanında dere suyundan alınan örnekler (D1, D2), peridotit biriminden boşalan kaynak sularından alınan örnekler (K4, K5, K6), Mevlütler formasyonundan boşalan kaynak (K3) ve Dedebağı üyesinden boşalan kaynak sularından (K2) alınan örneklerde Mg^{+2} içeriklerinin baskın olduğu görülmektedir. Dere suları bölgede geniş alanlarda yüzeyleyen Marmaris peridotiti ile uzun temas süresine sahiptir. Mevlütler formasyonu ve Dedebağı üyesini oluşturan çakıldaşları ise kireçtaşı, serpantin, peridotit, gabro, diyabaz, çört çakıllarından oluşmaktadır (Akdeniz 2011). Mg^{+2} , ofiyolitik kayalarda serpantinleşme süreçleri sırasında ferromagnezyen minerallerden (olivin, piroksen ve serpantin) salınan önemli bir elementtir (Garrels, 1967; Chavagnac ve ark., 2013; Monnin ve ark., 2014; Voutsis ve ark., 2015; Demer ve ark., 2019).

İnceleme alanında bulunan ofiyolitik birimlerin petrografik özelliklerinin incelenmesine yönelik yapılan bir araştırmada, bölgede Marmaris peridotitlerinin harzburjit ve dünit birimlerinden oluştuğu belirlenmiştir. Farklı kalınlıklara sahip harzburjitlerde, dünit birimine yakınlık ve uzaklığa bağlı olarak ortopiroksen ve olivin miktarında değişim olduğu tespit edilmiştir (Kahrman, 2012). Harzburjitler içerisinde olivin mineralinin %75-85 arasında en fazla görülen mineral olduğu, ortopiroksen (enstatit-bronzit) mineralinin ise %15-20 oranında bulunduğu, klinopiroksen mineralinin çok az olup %2-4 oranında olduğu belir-

lenmiştir. Dunit kayacında ise en fazla bulunan mineral %90-95 oranında olivindir. Dunitlerde ortopiroksen %5-8 oranında ve klinopiroksen % 1- 3 oranında bulunduğu tespit edilmiştir (Kahrman, 2012). Kahrman (2012) tarafından yapılan araştırmada, bölgede serpantinleşmiş peridotitlerde %3-8 oranında serpantin minerali olarak lizardit minerali gözlenmiştir. Bu mineraller yanısıra Marmaris peridotitini oluşturan kayalar içerisinde kromit, pikotit, manyetit minerallerine de rastlanmıştır (Kahrman 2012). Bu araştırma sonuçlarında göre, inceleme alanındaki peridotitlerin başlıca olivin ve ortopiroksen (enstatit)'den yapıldığı görülmektedir. Serpantinleşme sırasında karbondioksit (CO₂) ile ilişkili su varlığında gelişen süreçlerde Mg⁺² ve HCO₃⁻ elementleri açığa çıkmaktadır. Bu süreçler eşitlik 2, 3, 4, 5 ve 6'da verilmiştir.



İnceleme alanında sadece Kızılcadağ melanj ve olistrosromu (Kkzm), kireçtaşı bloğu ve Marmaris peridotiti ile ilişkili fay düzleminden boşalan Donabağı kaynağı (K7) ve Dedebağı üyesinden boşalan kaynak suyunda (K1) Ca⁺² baskın katyondur. Doğal sularda Ca⁺² varlığı etkileşimde oluşan kireçtaşı, mermer gibi karbonatlı kayalar, metamorfik ve mağmatik kaya mineralleri veya bazı feldispatların bozunumu ile ilişkilidir. Ca⁺² içeren mineraller kalsit, aragonit, dolomit, anhidrit ve jips, amfibol ve piroksen grupları, florit, apatit gibi minerallerdir. Ofiyolitik kayalardan Ca-HCO₃ su türleri, meteorik suyun karbonat kayaları (Voutsis ve ark., 2015) veya gabro ve bazaltik kayalarla etkileşimi yoluyla üretilebilir. An-

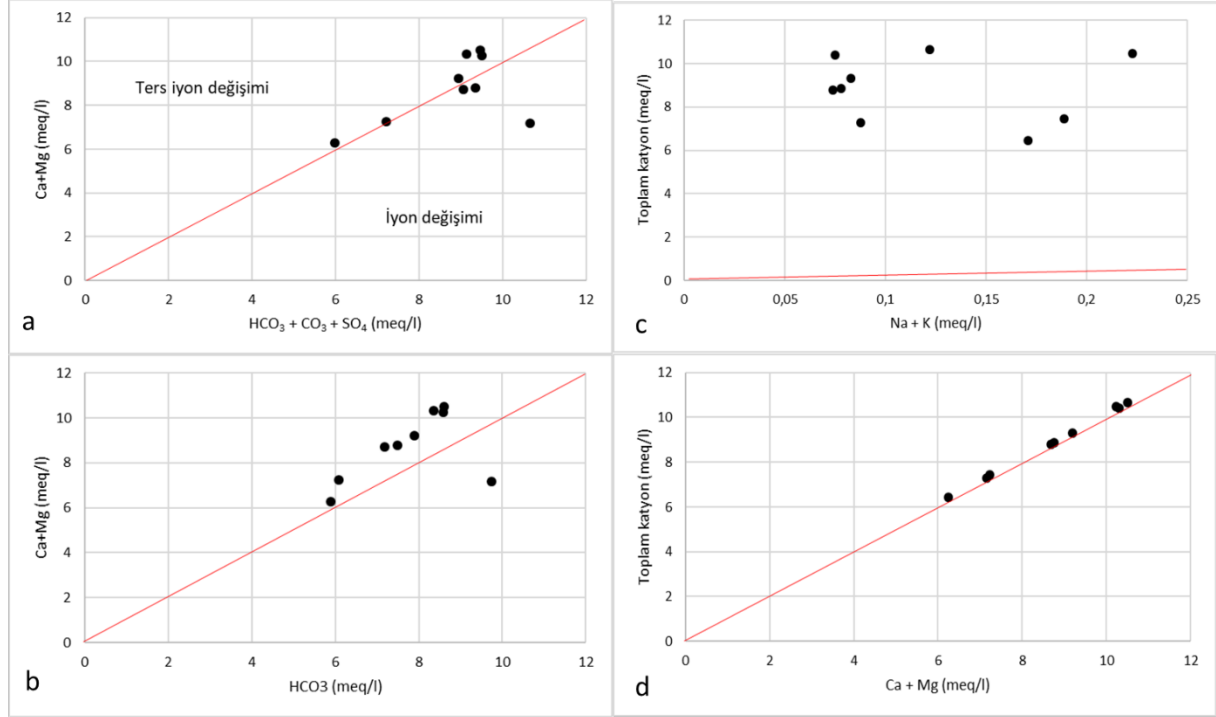
cak, ofiyolitik melanj birimleri içinde çok miktarda kireçtaşı blokları bulunduğu göz önüne alındığında, bu alloktan kireçtaşı bloklarından Ca-HCO₃ kaynaklı olması daha olasıdır. Melanj içerisinde Ca-HCO₃ ve Mg-HCO₃ tipi sular karıştırıldığında Ca-Mg-HCO₃ tipi sular üretilebilir (Demer et al. 2019).

Silikat ayrışmasıyla suya katyon katkısı (Na+K)/Toplam katyon grafiği kullanılarak tahmin edilebilmektedir (Stallard ve Edmond 1983). Bu dağılım diyagramında örnek noktalarının 1:1 denge çizgisi üzerinde olduğu görülmektedir (Şekil 6c). Bu durum, sudaki katyonların silikat ayrışmasından türetilmiş olabileceğini düşündürmektedir (Lakshmanan ve ark., 2003). (Ca+Mg)/Toplam katyon grafiğinde su örneklerine ait noktaların tamamı 1:1 denge çizgisinin üzerinde bulunmaktadır (Şekil 6d) ve (Ca⁺²+Mg⁺²) iyonlarının silikat minerallerinin ayrışmasından kaynaklandığını göstermektedir (Ghrefat ve ark., 2014; Thin, 2018).

Suların HCO₃/SiO₂ oranı ile akiferde oluşan ayrışma sürecinin türü belirlenebilir. HCO₃/SiO₂ <5 oranı silikat ayrışmasını gösterirken, HCO₃/SiO₂ >10 oranı karbonat ayrışmasını simgeler (Tay, 2012). Bölgede yüze ve yeraltı suyu örneklerinin HCO₃/SiO₂ oranı 5'in altında olup majör ayrışma sürecinin silikat ayrışması olduğu söylenebilir (Tablo 2).

İyon değişimi, suların iyon içeriklerini denetleyen önemli süreçlerden birisidir. İyon değişimi kloroalkali indeks (CAI-I=[Cl-(Na+K)]/Cl; CAI-II=[Cl-(Na+K)]/(SO₄+HCO₃+CO₃+NO₃)) değerlerinin hesaplanması ile tanımlanmaktadır (Schoeller, 1965; 1967). Pozitif CAI-I ve CAI-II değerleri Mg⁺² ve Ca⁺² iyonlarının suda bulunan Na⁺ ve K⁺ iyonları ile değişimini yansıtır. Negatif değerler kayadaki Na⁺ ve K⁺ iyonları ile suda bulunan Ca⁺² ve Mg⁺² iyonlarının değişimi olarak tanımlanmıştır. Su örneklerinin CAI-I ve CAI-II değerleri K2, K4 ve K7 örnekleri hariç negatiftir (Tablo 2). Bu durumda alanda genel olarak akifer kayaların sudaki çözünmüş iyonların birincil kaynakları olduğu ve reaksiyonun katyon-anyon değişim reaksiyonu olduğunu göstermektedir.

İnceleme alanında suların Na⁺ içeriği 1.59-4.86 mg/l ve Cl⁻ içerikleri ise 2.65-7.89 mg/l arasında değişmektedir. Su örneklerinin Na/Cl oranları ise 0.315-1.175 olarak belirlenmiştir. Na/Cl oranı K2, K4 ve K7 nolu örneklerde 1'den yüksek olup bu durum sudaki Na⁺ içeriğinin akifer ortamdaki silikat ayrışması kaynaklı olabileceği şeklinde yorumlanmaktadır. Na/Cl oranının bir civarında ve birden küçük değerleri iyon değişimi gibi bazı süreçlerin etkin olduğunu göstermektedir (Elango ve ark., 2003).



Şekil 6. İyon oranları

Su Örneklerinin İz Element İçerikleri

İnceleme alanında dere sularının As içeriği 13.3 ve 15.7 µg/l, kaynak sularının As içeriği ise 0.36-14.4 µg/l arasında değişmektedir (Tablo 2). Yerkabuğunda en çok bulunan elementlerden biri olan As, metal olmayan veya metaloid olarak sınıflandırılmakta olup periyodik tabloda VA grubunda yer almaktadır. Arsenik (As) iyi bilinen toksik bir metaloidtir ve çevrede doğal olarak bulunur. As'e maruz kalma olayı kontamine içme suyu yoluyla meydana gelebilir. Uzun süreli As maruziyeti hastalık riskini artırabilir veya ölüme yol açabilir (Zhang, 2018). İnorganik As, oksijenli sular (Prohaska ve Stinger 2005) As(V) (arsenat H₃AsO₄) ve anaerobik sular (Pettine, 1992) (arsenit H₃AsO₃) olarak bulunur. Daha hareketli olan As(III), As(V)'den daha zehirlidir (Basu, 2014).

İnceleme alanında çok geniş alanlarda gözlenen peridotit birimi içerisinde olivin ((Mg,Fe)₂SiO₄) ve piroksenin orto türü yaygın olarak bulunmaktadır (Kahriman, 2012). Olivin ve piroksen içerisindeki tipik As konsantrasyonları olivin için 0.08–0.17 mg/kg, piroksen için 0.05–0.8 mg/kg olarak verilmiştir. Ayrıca, peridotit, dünit gibi kayalarındaki As içeriği 0.03–15.8 mg/kg arasında olup ortalama 1.5 mg/kg'dır (Smedley ve Kinniburgh, 2002). Ultramafik kayalar hidrasyona uğrarken (olivin'den serpentine) metamorfik sıvılar için bir sünger görevi görür ve hidrasyon sırasında ultramafik kayalara As'ın dahil edilmesine dair farklı bulgular mevcuttur (Schmidt ve ark., 2003; Hattori ve ark., 2005; Ishimaru ve Arai 2008;

Ryan ve ark., 2011). Aşınma süreci peridotit kayalarda başlar ve bu kayalar içerisinde bol miktarda olivin, piroksen, magnezyum silikat ve genellikle %0.3 Ni içeren demir silikat mineralleri bulunur. Bu kayalar, laterizasyon ayrışmasından kolayca etkilenir. CO₂ bakımından zengin olan yeraltısuyu, olivin, serpantin ve piroksen gibi kararsız kaya minerallerini çözen saprolit bölgesi ile temas halinde olacaktır. Mg⁺², Si ve Ni yeraltısuyunun akışına göre çözülecek ve taşınacaktır. Oksitli bir bileşik haline gelen demir birikimi toprak yüzeyinin yakınında birikecek, magnezyum, nikel ve silika ise çözeltide kalacak ve su kaynağı toprağa nüfuz etmeye devam ettiği sürece aşağı doğru hareket edecektir. Bu işlemler dizisi ayrışma ve liç işlemidir (Chaerul ve ark., 2015). Daha fazla ayrışma sürecinde, su hala asidik olduğu sürece Mg⁺², Si ve Ni çözeltide kalacaktır. Oksidasyon işlemi sırasında, su asidik duruma gelene ve ferrihidrit minerali oluşturan çökeltiye ulaşana kadar Fe'i çözecektir. Bu sırada yağmur suları ile çözünen olivin ve piroksen minerallerinin çözünmesi sonucu arsenik iyonları ortaya çıkarak Nikelin mineraline (NiAs) dönüşmektedir (Chaerul ve ark., 2015). Ultramafik malzemeler daha sonra yüzeysel sularında çözülebilen önemli oranda arsenat içermektedir (Schneider, 2020).

İnceleme alanında dere sularında tespit edilen Cr içeriği 8.5-12 µg/l, kaynak sularında ise 3.5-14.1 µg/l arasında değişmektedir. Yerkabuğunun doğal bileşenlerinden biri olan krom, kromit mineralinden ekonomik olarak üretilebilmektedir. Kromit minerali ve

krom yatakları kökensel olarak ilişkili oldukları ultrabazik kayalar içinde gözlenmektedir. Kromit genel olarak harzburjit ve dünit gibi ultramafik kayalarda bulunur. Dünya genelinde ultramafik kayalar ile ilişkili çok sayıda krom cevherleşmeleri gözlenmiştir (Shiryaev ve Vakhrusheva, 2020; Huang ve Deng, 2020). İnceleme alanında ultramafik kayalar harzburjit, dünit, dünitik zonlar/dünitik kılıf ile çevrili kromit kütleleri ve piroksenit damarları ile temsil edilmektedir. İnceleme alanı kromitlerinin harzburjitik yan kayaçlı kromit olduğu, yüksek krom içeriğine sahip olduğu ve podiform tipte kromit oluşumları olduğu belirlenmiştir (Kahriman, 2012).

Su örneklerinde Ni içerikleri 0.10-7.9 µg/l, Al içerikleri 1-14 µg/l, Fe içerikleri <10-14 µg/l, B içerikleri <0.05-13 µg/l arasında değişmektedir (Tablo 2). Olivinde bulunan iz elementler iki gruba ayrılabilir. I. grupta bulunan Ni, Mn, Co, Cu, Zn, Li gibi elementler küçük konsantrasyon aralıklarındadır ve olivin ana kaynak mineralidir. Bunlar çoğunlukla iki değerlikli elementlerdir ve iyonik yarıçapları Mg'ninkine yakındır. II. grup elementler ise (Cr, Al, V, Sc, Ca, Na), esas olarak ana kayanın dengelenme sıcaklığı tarafından kontrol edilen geniş konsantrasyon aralıkları gösterir. Elementler, garnet, klinopiroksen, spinel gibi minerallerde de yüksek içeriklerde bulunabilir (De Hoog ve ark., 2010). Serpantinler, ayrıştığı yerde nikel cevheri üretebilirler (Guillot ve Hattori, 2013).

Deniz tabanına yakın yerlerde oluşan serpantin, serpantin yapısına sadece su değil aynı zamanda akışkan-hareketli elementler de (B, Li, As, Fe, Pb, U, Cr, Sr ve Ni gibi) ilave etmektedir. Bu şekilde, okyanus litosferindeki serpantinleşme, elementleri hidrosferden litosfere aktarmaktadır. Sonuç olarak, serpantinleşmiş manto peridotitinin batması, okyanustan mantoya büyük miktarlarda su ve sıvı-hareketli elementler taşımaktadır. Bu süreç aynı zamanda sıvı-hareketli elementleri su ile birlikte üstteki mantoya aktarmaktadır (Schmidt ve Poli, 2003). Bu nedenle, menşe yerlerinden (deniz tabanı veya dalma bölgesi) ve nihai jeolojik ortamdan bağımsız olarak tüm serpantinler, akışkan-hareketli elementler açısından orta ila güçlü bir şekilde zenginleştirilmiştir (Hattori ve Guillot, 2003; Guillot ve Hattori, 2013).

Bu durum, bölgede yüzey ve yeraltısularında yüksek oranda tespit edilen As, Cr, Ni, Al, Fe ve B içeriklerinin Marmaris peridotitleri ile kaya-su etkileşimi ile ilişkili olduğunu göstermektedir.

SONUÇ

Bu çalışmada Acıpayam (Denizli) batısında Marmaris peridotiti birimi ile ilişki yüzey ve yeraltısularının hidrojeokimyasal özellikleri incelenmiştir. İnceleme

alanında geniş yayılım gösteren birim Marmaris peridotitidir. Marmaris peridotiti serpantin, peridotit, piroksenit, gabro ve diyabaz gibi ultramafik – mafik kaya topluluklarından oluşmaktadır. Marmaris peridotitinin egemen kaya türü harzburjit olup düşük topoğrafyalarda dünitler de yüzeylenmektedir. Serpantinleşme peridotit kütlelerinin hemen her kesiminde gözlenmektedir.

Acıpayam çevresinde en önemli akifer birimler alüvyon, alüvyon yelpaze ve Çameli formasyonunun çatlaklı kumtaşı, kireçtaşı, konglomera seviyeleridir. Ova alanında bu birimlerde açılmış çok sayıda sondaj kuyusu bulunmaktadır. Marmaris peridotiti birimi içerisindeki kırık-çatlak sıklığına bağlı olarak yeraltı suyu bulundurulabilen ve Acıpayam batısında bu birimden boşalan düşük debili kaynaklar bulunmaktadır.

Çalışma kapsamında kaynak suları ve Marmaris peridotiti birimi üzerinden akışa sahip dere sularından su örnekleri alınmıştır. Donabağı kaynağı, Kızılca-dağ melanj ve olistrosromu ile bu birim içerisindeki kireçtaşı bloğu arasında bulunan fay düzlemi ile ilişkili olarak Marmaris peridotiti birimi içinden boşalmaktadır. Efekli, Kozludere ve K4 kaynakları Marmaris peridotiti biriminden boşalmaktadır. K1 ve K2 kaynakları Mevlütler formasyonunun tabanında bulunan çakıltaşından oluşan Dedebağı üyesi biriminden, K3 kaynağı ise Mevlütler formasyonundan boşalmaktadır. EC değeri kaynak sularında 440-840 µS/cm, dere sularında 610-630 µS/cm arasında olduğu tespit edilmiştir. PH değeri kaynak sularında 7.41-8.0, dere sularında ise 8.36-8.41 arasındadır.

Çalışma alanındaki yüzey ve yeraltı sularında baskın kation Mg^{+2} 'dir. Mg^{+2} iyonları kaynak ve dere sularında 10.2 ile 109.5 mg/l arasında tespit edilmiştir. Ca^{+2} konsantrasyonları kaynak ve dere suyu için 8.07-102.1 mg/l aralığında değişmektedir. HCO_3^- baskın anyon olup 359.9 ve 595 mg/l arasında değişmektedir.

Piper diyagramına göre yüzey suları $Mg-HCO_3$ su sınıfında, kaynak sularında ise $Mg-HCO_3$, $Mg-Ca-HCO_3$, $Ca-HCO_3$ ve $Ca-Mg-HCO_3$ su sınıfları tespit edilmiştir. Suların tümünde alkali toprak elementleri ($Mg^{+2} + Ca^{+2}$), alkali elementleri ($Na^{+} + K^{+}$) toplamından büyük, zayıf asit kökleri ($CO_3 + HCO_3$), güçlü asit kökleri ($Cl^{-} + SO_4^{-2}$) toplamından büyüktür. Yeraltı ve yüzey sularının majör iyon içerikleri suların etkileşimde oldukları kayalar ile ilişkili hidrojeokimyasal süreçler ile denetlenmektedir. Bu hidrojeokimyasal süreçler iyon alışverişi, ayrışma-çözünme (silikat ve karbonat ayrışması) ve buharlaşma olarak kabul edilmektedir. Gibbs diyagramında su örnekleri "Kayaç Baskın" alanında olup kaya-su etkileşiminin yeraltı ve yüzey sularının kimyasını denetleyen temel etken olduğunu göstermektedir.

Yeraltı ve yüze sularında Mg^{+2} içeriği 10.2 ile 109.5 mg/l arasında tespit edilmiş olup baskın katyondur. Sularında Mg^{+2} iyonu ofiyolitik kayalarda serpantinleşme süreçleri sırasında ferromagnezyen mineralerden (olivin, piroksen ve serpantin) salınan önemli bir elementtir. Daha önceki araştırmalarda inceleme alanındaki peridotitlerin başlıca olivin ve ortopiroksen (enstatit)'den yapıldığı belirlenmiştir. Olivin grubu mineralleri özellikle forsterit (Mg_2SiO_4) minerali magnezyum içeriği yüksek peridotit oluşturmaktadır. Serpantinleşme sırasında CO_2 ile ilişkili su varlığında gelişen süreçlerde Mg^{+2} ve HCO_3^- elementleri açığa çıkmaktadır. Su örneklerinde tespit edilen major iyon içeriklerine bağlı olarak hazırlanan grafikler yüze ve yeraltısularının katyon içeriklerinin baskın olarak silikat ayrışmasından türetilmiş olabileceğini göstermektedir.

İnceleme alanında dere sularının As içeriği 13.3 ve 15.7 $\mu g/l$, kaynak sularının As içeriği ise 0.36-14.4 $\mu g/l$ arasında değişmektedir. Ayrışma süreçleri sırasında peridotiti oluşturan olivin ve piroksen mineralinin çözünmesi sonucu arsenik iyonları ortaya çıkmaktadır. İnceleme alanında dere ve kaynak sularındaki As artışının tamamen suların etkileşim halinde oldukları Marmaris peridotitleri ile ilişkili olduğu görülmektedir.

İnceleme alanında dere sularında tespit edilen Cr içeriği 8.5-12 $\mu g/l$, kaynak sularında ise 3.5-14.1 $\mu g/l$ arasında değişmektedir. Kromit genel olarak harzburjit ve dünit gibi ultramafik kayalarda bulunur. İnceleme alanında ultramafik kayalar harzburjit, dünit, dünitik zonlar/dünitik kılıf ile çevrili kromit kütleleri ve piroksenit damarları ile temsil edilmektedir. Önceki araştırmalarda bölgedeki kromitlerinin harzburjitik yan kayaçlı kromit olduğu, yüksek krom içeriğine sahip olduğu ve podiform tipte kromit oluşumları olduğu belirlenmiştir. Bu durum bölgede yüze ve yeraltısularındaki krom içeriğinin Marmaris peridotitleri ile ilişkili olarak kaya-su etkileşimi kaynaklı olduğunu göstermektedir. Ayrıca, u örneklerinin Ni içerikleri 0.10-7.9 $\mu g/l$, Al içerikleri 1-14 $\mu g/l$, Fe içerikleri <10-14 $\mu g/l$, B içerikleri <0.05-13 $\mu g/l$ arasında değişmektedir. Bu iz element içerikleri de Marmaris peridotitleri kaynaklıdır.

KAYNAKLAR

- Akdeniz, N. (2011). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 1/100000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları No:164, Denizli-N22 paftası
- Appelo, C.A.J., Postma, D. (1993). Geochemistry, groundwater and pollution. A. A.Balkema, Rotterdam.
- Back, W. (1966). Hydrochemical Facies and Groundwater Flow Patterns in Northern Part of Atlantic Coastal Plain, 498-A:1-42.
- Basu, A., Saha, D., Saha, R., Ghosh, T., Saha, B. (2014). A review on sources, toxicity and remediation technologies for removing arsenic from drinking water. *Research on Chemical Intermediates*, 40: 447-485.

- Berg, G., (1932). Das Vorkommen der chemischen Elemente auf der Erde. JA Barth.
- Chaerul, M., Pallu, S., Selintung, M., Patanduk, D.J. (2015). The relationship of ultramafic rocks and the occurrence of Arsenic heavy metal ion (As^{3+}) Cadmium (Cd^{2+}) and Chromium (Cr^{6+}) in river water (A Case Study: River Lambuluo Motui, Southeast Sulawesi). *International Journal of Science, Environment and Technology*, 4(4):896 – 904
- Chavagnac, V., Monnin, C., Ceuleneer, G., Boulart, C., Hoareau, G. (2013). Characterization of hyperalkaline fluids produced by lowtemperature serpentinization of mantle peridotites in the Oman and Ligurian ophiolites. *Geochem Geophys Geosyst*, 14(7):2496–2516.
- Coleman, R.G. (1977). Ophiolites: Ancient Oceanic Lithosphere? Springer-Verlag, Berlin, 229 pp
- D'Alessandro, W., Daskalopoulou, K., Calabrese, S., Bellomo, S. (2018). Water chemistry and abiogenic methane content of a hyperalkaline spring related to serpentinization in the Argolida ophiolite (Ermioni, Greece). *Marine and Petroleum Geology*, 89:185–193.
- Datta, P.S., Tyagi, S.K. (1996). Major ion Chemistry of Groundwater in Delhi Area: Chemical Weathering Processes and Groundwater Flow Regime. *Journal of Geological Society India*, 47:179–188.
- De Hoog, C.J., Gall, L., Cornell, D.H. (2010). Trace-element geochemistry of mantle olivine and application to mantle petrogenesis and geothermobarometry. *Chemical Geology*, 270(1-4):196-215. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2009.11.017>
- Demir, S., Elitok, Ö., Memiş, Ü. (2019). Origin and geochemical evolution of groundwaters at the northeastern extend of the active Fethiye-Burdur fault zone within the ophiolitic Teke nappes, SW Turkey. *Arabian Journal of Geosciences*, 12:783
- DSİ, Genel Müdürlüğü (1974). Acıpayam ovası Hidrojeolojik Etüt Raporu
- Elango, L., Kannan, R. (2007). Rock-water interaction and its control on chemical composition of groundwater. Section II, Paper 11, 229-247. Developments in Environmental Science 5, Series Editor: S.V. Krupa; Concepts and Applications in Environmental Geochemistry, Edited by D. Sarkar, R. Datta, R. Hannigan, Elsevier publication
- Elango, L., Rannan, R., Senthil, K.M. (2003). Major Ion Chemistry And Identification Of Hydrogeochemical Processes Of Groundwater in A Part of Kancheepuram District, Tamil Nadu, India. *Journal of Environmental Geosciences*, 10:157 – 166.
- Evans, B.W., Hattori, K., Baronnet, A. (2013). Serpentinite: What, why, where? *Elements*, 9: 99-106
- Freeze, A.R., Cherry, A.J. (1979). Groundwater. by Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. 07632 London UK.
- Garrels, R.M. (1967). Genesis of Some Groundwaters from Igneous Rocks. In P. Abelson (Ed.), *Researches in Geochemistry*, 2:405-420
- Garrels, R. M., Mackenzie, F.T. (1967). Origin of the chemical compositions of some springs and lakes. In W. Stumm (Ed.), *Equilibrium concepts innatural water systems. Advances in Chemistry Series*, 67:222–242.
- Ghrefat, H.A., Zaman, H., Batayneh, A.T., Zumlot, T. (2014). Major ion chemistry and weathering processes in the Midyan basin, northwestern Saudi Arabia. *Journal of Environmental Monitoring and Assessment*, 185(10):8695-8705.

- Giampouras, M., Garrido, C. J., Zwicker, J., Vadillo, I., Smrzka, D., Bach, W., Peckmann, J., Jimenez, P., Benavente, J., Garcia-Ruiz, J. M. (2019). Geochemistry and mineralogy of serpentinization-driven hyperalkaline springs in the Ronda peridotites. *Lithos*, 350, 105215; DOI 10.1016/j.lithos.2019.105215
- Gibbs, R.J. (1970). Mechanism controlling world water chemistry. *Science*, 170:795-840
- Guillot, S., Hattori, K. (2013). Serpentinites: essential roles in geodynamics, Arc volcanism, sustainable development and the origin of life. *Elements*, 9:95–98.
- Hattori, K., Guillot, S. (2003). Volcanic fronts form as a consequence of serpentinite dehydration in the forearc mantle wedge. *Geology*, 31: 525-528
- Hattori, K., Takahashi, Y., Guillot, S., Johanson, B. (2005). Occurrence of arsenic (V) in forearc mantle serpentinites based on X-ray absorption spectroscopy study. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 69:5585–5596.
- Hounslow, A.W. (1995). Water quality data analysis and interpretation. Lewis Publishers, Boca Raton
- Ishimaru, S., Arai, S. (2008). Arsenide in a metasomatized peridotite xenolith as a constraint on arsenic behavior in the mantle wedge. *Am. Mineral*, 93:1061–1065.
- Johnson, C.C. (1979). Land application of waste-an accident waiting to happen. *Groundwater*, 17(1): 69-72.
- Kahriman, S. (2012). Acıpayam ve Beyağaç (Denizli güneyi) bölgesindeki ofiyolitlerin jeolojisi, petrografisi ve petrokimyası. Yüksek lisans tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.
- Kumar Singh, A., Mondal, G.C., Singh, T.B., Singh, S., Tewary, B.K., Sinha, A. (2012). Hydrogeochemical processes and quality assessment of groundwater in Dumka and Jamtara districts, Jharkhand, India. *Environmental Earth Science*, 67: 2175–2191.
- Lakshmanan, E., Kannan, R., Senthil Kumar, M. (2003). Major ion chemistry and identification of hydrogeochemical processes of ground water in a part of Kancheepuram district, Tamil Nadu, India. *Environmental Geosciences*, 10(4):157–166.
- Monnin, C., Chavagnac, V., Boulart, C., Ménez, B., Gérard, M., Gérard, E., Pisapia, C., Quéméneur, M., Erauso, G., Postec, A., Guentas- Dombrowski, L., Payri, C., Pelletier, B. (2014). Fluid chemistry of the low temperature hyperalkaline hydrothermal system of Prony Bay (New Caledonia). *Biogeosciences*, 11:5687–5706.
- Pettine, M., Camusso, M., Martinotti, W. (1992). Dissolved and particulate transport of arsenic and chromium in the Po River. *Science of the Total Environment*, 119:253-280
- Piper, A.M. (1944). A Graphic Procedure in the Geochemical Interpretation of Water Analyses. *Trans. Amer. Geophys. Union*, 25:914-923.
- Prohaska, T., Stinger, G. (2005) Speciation of arsenic. In: Cornelis R (ed) Handbook of Elemental Speciation II - Species in the Environment, Food, Medicine and Occupational Health. Wiley, Chichester, pp 69-85 (<https://doi.org/10.1002/0470856009>)
- Rajmohan, N., Elango, L. (2004) Identification and evolution of hydrogeochemical processes in the groundwater environment in an area of the Palar and Cheyyar River Basins, Southern India. *Environmental Geology*, 46:47–61
- Ryan, P.C., Kim, J., Wall, A.J., Moen, J.C., Corenthal, L. G., Chow, D.R., Sullivan, C.M., Bright, K.S. (2011). Ultramafic-derived arsenic in a fractured bedrock aquifer. *Applied Geochemistry*, 26(4):444-457.
- Sajil Kumar, P.J. (2013) Interpretation of groundwater chemistry using piper and chadha's diagrams: a comparative study from perambalur taluk. *Elixir Geoscience*, 54:12208-12211.
- Schmidt, M.W., Poli, S. (2003). Generation of mobile components during subduction of oceanic crust. *Treatise on Geochemistry*, 3: 567-593
- Schmidt, G., Witt-Eickschen, G., Palme, H., Seck, H., Spettel, B., Kratz, K.L. (2003). Highly siderophile elements (PGE, Re and Au) in mantle xenoliths from the West Eifel volcanic field (Germany). *Chemical Geology*, 196:77–105.
- Schneider, K., Le Mestre, M., Desriaux, I., Gunkel-Grillon, P. (2020). First investigations on arsenic content in ultramafic rocks' alterites from Nickel mines, implications for surface waters quality in ultramafic watersheds (New-Caledonia). *Environmental Chemistry Letters*, 10.1007/s10311-020-01009-6. hal-02888355
- Schoeller, H. (1965). Qualitative Evaluation of groundwater resources. In methods and techniques of groundwater investigations and development (Pp. 54–83). Paris: UNESCO.
- Schoeller, H. (1967). Qualitative evaluation of groundwater Resources. In methods and techniques of Groundwater investigation and development. Water Research, Series-33: UNESCO, Pp. 45 – 52.
- Singh, A.K., Mahato, M.K., Neogi, B., Tewary, B.K., Sinha, A. (2012). Environmental geochemistry and quality assessment of mine water of Jharia coalfield, India. *Environmental Geology*, 65:49–65.
- Smedley, P.L., Kinniburgh, D.G. (2002). A review of the source, behavior and distribution of As in natural waters. *Applied Geochemistry*, 17:517–568.
- Stallard, R.F., Edmond, J.M. (1983). Geochemistry of the Amazon, the influence of geology and weathering environment on the dissolved load. *Journal of Geophysical Research*, 88: 9671 –9688.
- Şenel, M., Selçuk, H., Bilgin, Z.R., Şen, A.M., Karaman, T., Dinçer, M.A., Durukan, E., Arbas, A., Örçen, S., Bilgi, C. (1989). Çameli (Denizli)- Yeşilova (Burdur)- Elmalı (Antalya) ve kuzeyinin jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) Rap: 9429 (yayımlanmamış), Ankara.
- Tay, C.K. (2012). Hydrochemistry of groundwater in the Savelugu–Nanton District, Northern Ghana. *Environmental Earth Science*, 67:2077–2087.
- Thin, P.P., Hendrayana, H., Wilopo, W., Kawasaki, S. (2018). Assessment of groundwater facies in Wates Coastal Area, Kulon Progo, Yogyakarta, Indonesia. *Journal of Degraded Andmining Lands management*, 5(4):1389-1401
- Voutsis, A., Kelepertzis, E., Tziritis, E., Kelepertzis, A. (2015). Assessing the hydrogeochemistry of groundwaters in ophiolite areas of Euboea Island, Greece, using multivariate statistical methods. *Journal of Geochemical Exploration*, 159:79–92.
- Zhang, C., Kibriya, M.G., Jasmine, F., Roy, S., Gao, J., Sabarinathan, M., Delgado, D., Ahmed, A., Islam, T., Eunos, M., Islam, Md.T., Hasan, R., Graziano, J.H., Ahsan, H., Pierce, B.L. (2018). A study of telomere length, arsenic exposure, and arsenic toxicity in a

Marmaris Peridotiti ile İlişkili Yüzey ve Yeraltısularının Hidrojeokimyasal Özellikleri: Acıpayam (Denizli) Batısı

Bangladeshi cohort. *Environmental Research*, 164:346-355
Zwicker, J., Smrzka, D., Vadillo, I., Jiménez-Gavilán, P., Giampouras, M., Peckmann, J., Bach, W. (2022).

Trace and rare earth element distribution in hyperalkaline serpentinite-hosted spring waters and associated authigenic carbonates from the Ronda peridotite. *Applied Geochemistry*, 147, 105492.

Denizli Pamukkale İlçesi Agriturizm Potansiyeli

Duygu DOĞAN , Murat ZENGİN , Cennet Tekin CÜRE 

Pamukkale Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Denizli

Geliş Tarihi (Received): 17.05.2023, Kabul Tarihi (Accepted): 15.09.2023

✉ Sorumlu Yazar (Corresponding author*): duygudogan@pau.edu.tr

☎ +90 538 3792048 📠 +90 258 2962614

ÖZ

Turizm ülkelere büyük ekonomik getiriler sağlayan bir sektördür. Söz konusu getirinin devamlılığı doğal ve kültürel kaynakların sürdürülebilirliği sağlanması ile mümkündür. Bu kaynakların geleceğe aktarılabilmesi için sürdürülebilir turizm alternatifleri önem arz etmektedir. Sürdürülebilir turizm alternatiflerinden agriturizm kırsal alanlardaki tarıma dayalı turistik bir etkinliktir. Söz konusu turizm faaliyeti tarımsal faaliyetlerin olduğu kırsal alanlarda gerek doğal kaynakların sürdürülebilirliğinin gerekse yerel istihdamın sağlanması açısından önemli bir turizm alternatifidir. Denizli ili Pamukkale ilçesi ürün çeşitliliği, geniş tarım alanları ve coğrafi işaretli ürünü ile agriturizm potansiyeli açısından değerlendirilmesi gereken ilçelerden biridir. Bu çalışmada Pamukkale İlçesinin agriturizm potansiyeli değerlendirilerek, agriturizm yapılabilecek alanlar ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda arazi örtüsü/arazi kullanımı, yerleşim, ulaşım, nüfus, sağlık tesisleri, turistik aktiviteler ve mekânlara ilişkin parametreler kullanılarak coğrafi bilgi sistemleri aracılığı ile agriturizm potansiyeli saptanmıştır. Yapılan analizler sonucunda ilçenin %68,34'lük (53594,26 ha) bir kısmının agriturizm potansiyeli açısından en uygun ve uygun sınıfta olduğu tespit edilmiştir. Sonuçta; yapılan çalışma ile ilçenin halihazırdaki turizm potansiyeline ve yörenin ekonomisine katkı sunulmasının yanı sıra ilçenin doğal ve kültürel kaynaklarının korunarak geliştirilmesi ve gelecek nesillere aktarılması sağlanacaktır.

Anahtar kelimeler: Kırsal turizm, agriturizm, ekoturizm, Pamukkale, Denizli

Agriturizm Potential of Denizli Pamukkale District

ABSTRACT

It is well known that tourism is a sector that provides significant economic returns to countries. However, ensuring the continuity of this return is possible only with the sustainability of natural and cultural resources. Sustainable tourism alternatives are important in order to transfer these resources to the future. Agritourism, which is an agriculture-based touristic activity in rural areas is an important tourism alternative, especially in rural areas with agricultural activities in terms of both providing local employment and ensuring the sustainability of natural resources. Pamukkale district of Denizli province of Turkey is one of the districts that should be evaluated for its agritourism potential in terms of product diversity, the expanse of agricultural lands, and geographically indicated products. In this context, the potential of agritourism has been determined through geographic information systems by using parameters related to land cover/use, settlement, transportation, population, health facilities, touristic activities and places. With the study, it was determined that 68.34% (53594.26 ha) of the district is in the most appropriate and appropriate class in terms of agritourism potential. In this study, by evaluating the agritourism potential of the Pamukkale district, the areas where agritourism can be made have been attempted to be revealed. As a result, in addition to contributing to the current tourism potential of the city and the economy of the region, the development of the natural and cultural resources of the city will be improved and transferred to future generations.

Keywords: Rural tourism, agritourism, ecotourism, Pamukkale, Denizli

GİRİŞ

1970'lerden bu yana gelişmiş dünyada popüler hale gelen kırsal turizm, özellikle hızlı kentsel gelişme ve kırsal gerileme göz önüne alındığında, kırsal ekonomileri canlandırmak için bir araç olarak sunulmuştur. Tarım turizmi (veya çiftlik turizmi) ise, birçok akademisyenin ve karar vericinin tarım topluluklarına faydalı olduğunu savunduğu bir kırsal turizm biçimidir (Montefrio ve Sin, 2021).

Agriturizmin literatürde tek bir tanımı olmamasına (agriturizm, agroturizm, çiftlik turizmi, çiftlik temelli turizm, tatil çiftlikleri) (Ecker ve ark., 2010; Phillip ve ark., 2010), ve farklı tipolojilerde tanımlanmaya çalışılmasına rağmen (Phillip ve ark., 2010; Flanigan ve ark., 2014) tüm bu tanımların ve tipolojilerin ortak özelliği agriturizmin, tarım turizmi anlamına gelmesi ve tarımsal bir ortamda tarımsal faaliyetlerle yakın bağlantılı olmasıdır (Li ve Li, 2021). Bu yönüyle agriturizm diğer turizm çeşitlerinden ayrılmaktadır.

Agriturizm çiftlik içi gastronomi, pansiyonculuk (çiftlikte kalma), tarımsal etkinlikler, çiftlik turları (Hochuli ve ark., 2021), dış mekân rekreasyonları, eğitsel deneyimler (şarap tatma, yöresel yemek kursları vb.), eğlence (festivaller), doğrudan çiftlikten satış (kendin topla, yol boyu satış stantları) (Ecker ve ark., 2010), ağaç kiralama (Gökalp ve Yazgan 2013), gibi tarımla bağlantılı olarak pek çok hizmeti içermektedir.

Agriturizm tüm bu içerdiği hizmetlerle hem yöre halkı için sosyal, kültürel ve ekonomik faydalar sağlarken, kaynakların sürdürülebilirliğinin kullanımını da sağlamaktadır. Ekonomik açıdan tarım ve turizm endüstrilerinin harmanlanması turizmde işgücü sıkıntısı ve tarımda pazar sıkıntısı gibi yerel sorunları hafifletebile-

cek olmasının yanı sıra (Tew ve Barbieri, 2012) konaklama hizmeti ile yöre halkına ek gelir oluşturma potansiyeli bulundurmaktadır (Ecker ve ark., 2010). Kültürel açıdan tarım alanlarının korunmasını sağlayarak, çiftçinin alanda kalmasını sağlayabilir (Ecker ve ark., 2010). Böylelikle kırsal yaşam tarzlarının sürdürülmesi ve yerel geleneklerin ve bir bölgenin benzersiz kültürel özelliklerinin farkındalığının artırılması ve korunmasını sağlayabilir (Tew ve Barbieri, 2012). Tüm bunların yanı sıra agriturizm doğrudan deneyim ve gözlem olanakları ile her yaş grubundan insan için iyi bir eğitim aracıdır (Petroman ve ark., 2016).

Bahsedilen tüm bu özellikleri ile sürdürülebilir turizm çeşitlerinden biri olan agriturizm özellikle farklı alternatiflerin (termal, kültür, tarih turizmi, vb.) bulunmadığı kırsal alanlarda uygulanabilecek turizm alternatiflerinden biridir.

Denizli ili Pamukkale ilçesi ise gerek tarım ürünlerinin gerek yöresel ürünlerin çeşitliliği, tarım alanlarının genişliği ve coğrafi işaretli ürünü, UNESCO dünya mirası listesindeki kültürel varlıkları ve bunların yanı sıra diğer tarihi öğelerin varlığı, turistik aktivitelerin çeşitliliği ile agriturizm potansiyeli açısından değerlendirilmesi gereken ilçelerden biridir. Bu kapsamda çalışmanın amacı Pamukkale ilçesinin agriturizm potansiyeli değerlendirilerek, agriturizm yapılabilecek alanların belirlenmesidir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Ege bölgesinde yer alan Denizli ilinin Pamukkale ilçesi çalışmanın materyalini oluşturmaktadır (Şekil 1). İlçenin kuzeyinde Güney, batısında Buldan, Sarayköy ve Merkezefendi, güneyinde Tavas ve Serinhisar, doğusunda ise Honaz ve Çal ilçeleri bulunmaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanı konum haritası

Denizli Pamukkale İlçesi Agriturizm Potansiyeli

Çalışma kapsamında CORINE 2018 Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı, ulaşım, sağlık kurumları, nüfus, mahalle sınırları, korunan alanlar, festivaller, tarihi yapılar kervansaraylar, mezarlıklar, türbeler, antik kentler, termal su, bitkisel ürünler ve hayvancılık, yöresel yemek ve tatlılar ve diğer etkinliklere (yamaç paraşütü vb.) ilişkin verilerden yararlanılmıştır. Kullanılan veriler ve kaynakları Tablo 1' de verilmiştir.

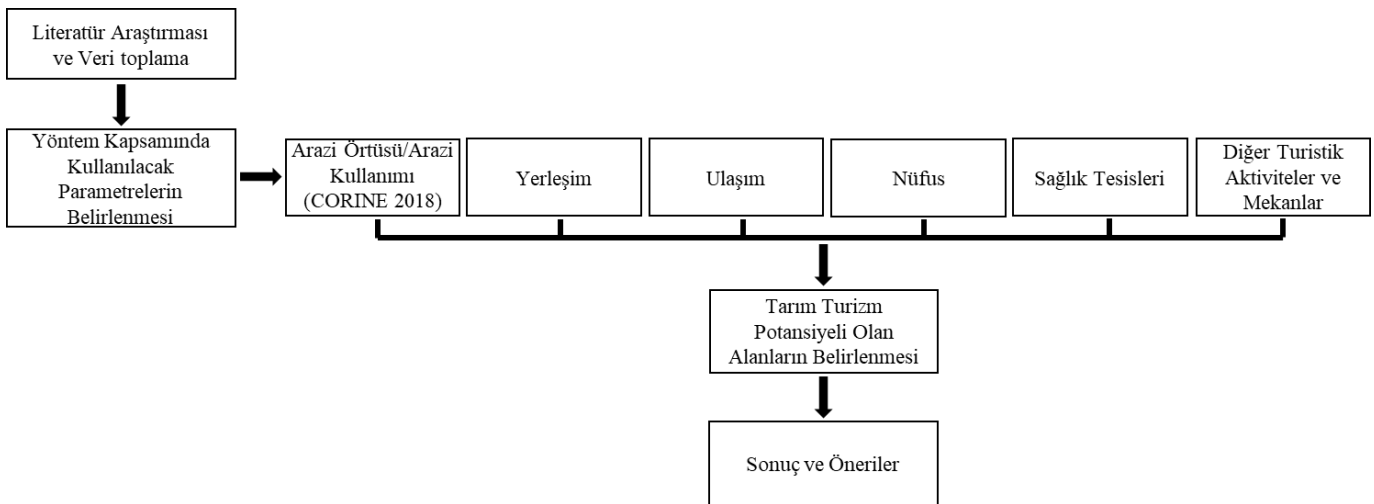
Tablo 1. Çalışma kapsamında kullanılan veriler ve kaynakları

| Veri adı | Kaynağı |
|--|--|
| CORINE 2018 Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı | URL-1 (2021) |
| Yol | URL-2 (2021) |
| Sağlık kurumları | URL-3 (2021) |
| Nüfus | Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2021). |
| Mahalle sınırları | URL-4 (2021). |
| Korunan alanlar | Denizli İli Korunan Alanları Tabiat Turizmi Master Planı |
| Festivaller | URL-5 (2021), URL-6 (2021), URL-7 (2021), URL-8 (2021), |
| Tarihi Yapılar Kervansaraylar, mezarlıklar, türbeler | DBB, 2014; URL-9 (2021) |
| Antik Kentler | DBB, 2014 |

| | |
|---------------------------------|------------------------------|
| Termal Su | URL-10 (2021), URL-11 (2021) |
| Diğer etkinlikler | URL-21 (2021) |
| Bitkisel ürünler ve hayvancılık | DTB, 2018; GEKA, 2020 |
| Yöresel yemek ve tatlılar | (URL-14, 2021). |

Çalışmada Pamukkale ilçesinin Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımına ilişkin CORINE 2018 verisi kullanılmıştır. Veri uydu görüntüsü (Google earth) üzerinden kontrol edilmiş ve eksiklikleri giderilmiştir. Sağlık kurumları verisi elde edilirken Google Maps'ten yararlanılmıştır. Kültürel varlıklar ve diğer etkinlikler verisi Tablo 1'de verilen kaynaklardan yararlanılarak uydu görüntüsü üzerinden sayısallaştırılarak elde edilmiştir.

Çalışmanın yöntemi dört aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada literatür taraması yapılmıştır. Bu literatür taramasında; yöntemin belirlenmesine ilişkin olarak, agriturizm planlama konusunda yapılmış olan yerli ve yabancı kaynaklar incelenmiştir. İkinci aşamada agriturizm potansiyelinin belirlenmesi için kullanılacak parametreler (arazi örtüsü/arazi kullanımı, yerleşim, ulaşım, nüfus, sağlık tesisleri, turistik aktiviteler ve mekânlar) belirlenmiştir. Üçüncü aşamada coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla örtmeler yöntemi kullanılarak agriturizm potansiyeline sahip alanlar belirlenmiştir. Çalışmanın son aşamasında alana ilişkin sonuçlar ve öneriler sunulmuştur (Şekil 2).



Şekil 2. Yöntem akış şeması

Denizli Pamukkale İlçesi Agriturizm Potansiyeli

BULGULAR

Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı ve Yerleşim

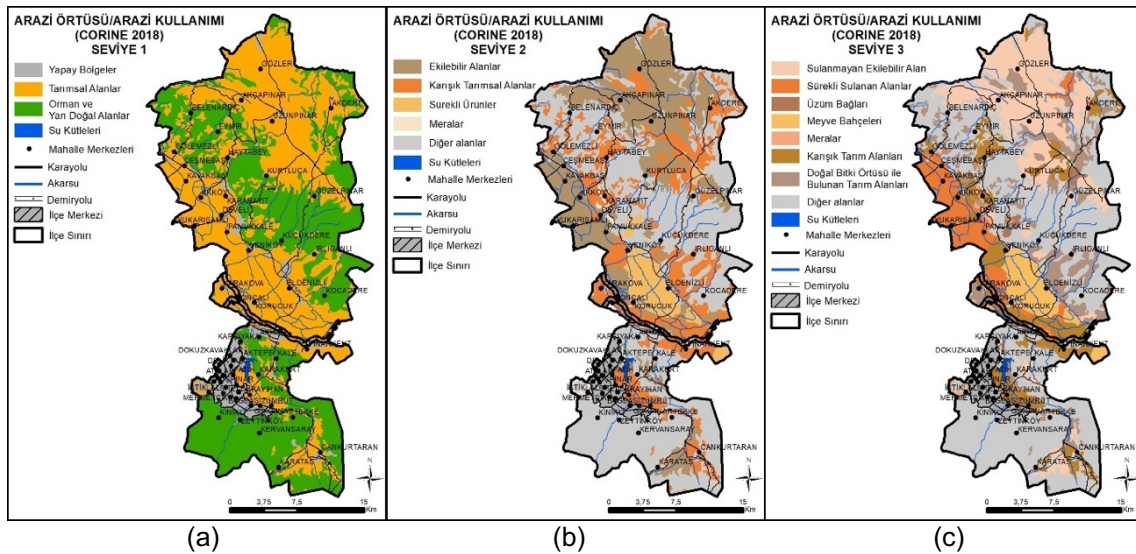
Pamukkale ilçesinin CORINE 2018 yılı Seviye 1 verilerine göre Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı ve kapladıkları alanlar Tablo 2'de verilmiştir. Buna göre tarımsal alanlar 40485,7 ha ile ilçe yüz ölçümünün %51,63'sini kaplamaktadır (Şekil 3a)

Tablo 2. Pamukkale ilçesi CORINE 2018 yılı verilerine göre Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı ve kapladıkları alanlar

| CORINE Seviye 1 | Alan (ha) | Alan (%) |
|-----------------------------|------------|------------|
| Yapay Bölgeler | 4919,71 | 6,27 |
| Tarımsal Alanlar | 40485,7 | 51,63 |
| Orman ve Yarı Doğal Alanlar | 32817,1 | 41,85 |
| Su Yapıları | 181,525 | 0,23152467 |
| Toplam | 78404,0417 | 100 |

Tablo 3. Tarımsal alanların CORINE 2018 yılı Seviye 2 ve Seviye 3 verilerine göre kapladıkları alanlar ve yüzdelik dağılımı

| Kod | Seviye 2 | Alan (ha) | Tarımsal alanlar içerisindeki dağılımı (%) | Seviye 3 | Alan (ha) | Tarımsal alanlar içerisindeki dağılımı (%) |
|-----|--------------------------|------------|--|---|------------|--|
| 211 | Ekilebilir Alanlar | 18842,64 | 46,54 | Sulanmayan Ekilebilir Alan | 13094,95 | 32,34 |
| 212 | | | | Sürekli Sulanan Alanlar | 5747,686 | 14,19 |
| 221 | Sürekli Ürünler | 4015,316 | 9,91 | Üzüm Bağları | 500,373 | 1,23 |
| 222 | | | | Meyve Bahçeleri | 3514,943 | 8,68 |
| 231 | Meralar | 525,0583 | 1,29 | Meralar | 525,0583 | 1,29 |
| 242 | Karışık Tarımsal Alanlar | 17102,67 | 42,24 | Karışık Tarım Alanları | 8653,441 | 21,37 |
| 243 | | | | Doğal Bitki Örtüsü ile Bulunan Tarım Alanları | 8449,23 | 20,86 |
| | Toplam | 40485,6843 | 100 | | 40485,6843 | 100 |



Şekil 3. a. Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı (CORINE 2018) Seviye 1, **b.** Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı (CORINE 2018) Seviye 2, **c.** Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı (CORINE 2018) Seviye 3

Denizli Pamukkale İlçesi Agriturizm Potansiyeli

CORINE 2018 yılı Seviye 2 ve seviye 3 verilerine göre kapladıkları alanlar ise Tablo 3'te verilmiştir. Buna göre tarımsal alanların büyük bir kısmını ekilebilir alanlar (18842,64 ha, %46,54) kaplamaktadır. Bunu sırasıyla karışık tarımsal alanlar, sürekli ürünler ve meralar takip etmektedir (Şekil 3b, Şekil 3c).

Yerleşim birimleri yapısı tanımlanırken CORINE verisinde yer alan 3. seviye tanımları kullanılmıştır. Buna göre yerleşim yapısı ele alınırken sürekli şehir yapısı kent olarak, kesikli şehir yapısı ise kırsal yerleşim olarak ele alınmıştır (Şekil 4a).

Ulaşım

Agriturizm potansiyeli belirlenirken ele alınması gereken konulardan biride ulaşımdır. Bu açıdan yolun karakteri ve ilçe merkezinden turizm faaliyetinin yapıla-

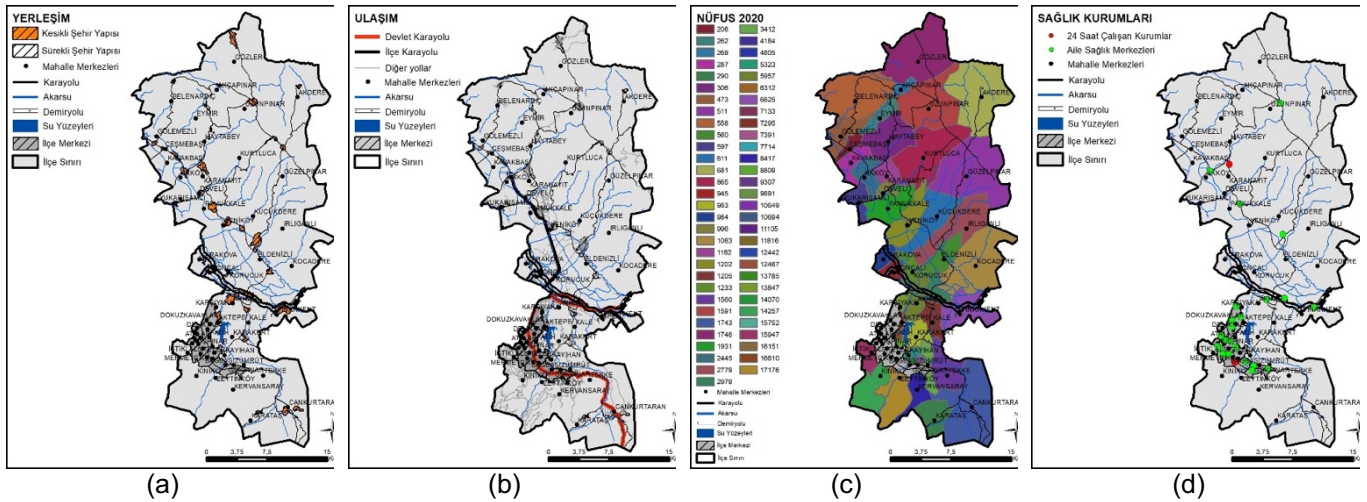
cağı alana olan uzaklıklar önemlidir. İlçede Denizli-Afyon ve Antalya-Muğla karayolu olmak üzere iki adet devlet yolu, iki adet il yolu bulunmaktadır. Bu yollar devlet ana karayolları olup yüksek yoğunluklu trafiğin olduğu yollardır. Bunun dışında kalan yollar kırsal karakterlidir. Çalışma alanında turizmin yapılabileceği kırsal karakterli alanlara uzaklık ilçe merkezi göz önüne alarak belirlenmiştir. Bu kapsamda ilçe merkezine en uzak mesafe 45,1 km (Gözler Mah.) dir (Şekil 4b).

Nüfus

İlçenin TÜİK'ten alınan nüfus verilerine göre kırsal özellikli mahallelerdeki nüfus dağılımı Tablo 4'te verilmiştir. Buna göre en yüksek nüfusa sahip mahalle Pınarkent Mahallesi, en düşük nüfusa sahip mahalle ise Çeşmebaşı Mahallesi'dir (TÜİK, 2021) (Şekil 4c).

Tablo 4. Kırsal özellikli mahallelerdeki nüfus dağılımı (TÜİK, 2021)

| Mahalle Adı | Nüfus /Kişi (2020) | Mahalle Adı | Nüfus /Kişi (2020) | Mahalle Adı | Nüfus /Kişi (2020) |
|-------------|--------------------|-------------|--------------------|--------------|--------------------|
| Akçapınar | 269 | Gölemezli | 473 | Kavakbaşı | 287 |
| Akdere | 681 | Gözler | 1746 | Kocadere | 1083 |
| Akhan | 5957 | Güzelköy | 2979 | Korucuk | 1233 |
| Akköy | 2445 | Güzelpınar | 511 | Kurtluca | 865 |
| Belenardıç | 558 | Haytabey | 306 | Küçükdere | 611 |
| Cankurtaran | 1743 | İrdoğanlı | 2779 | Pamukkale | 1931 |
| Çeşmebaşı | 208 | Kale | 1205 | Pınarkent | 6825 |
| Develi | 996 | Karahayıt | 1182 | Uzunpınar | 1591 |
| Eldenizli | 560 | Karakova | 984 | Yeniköy mah. | 1202 |
| Eymir | 262 | Karataş | 290 | Yukarışamlı | 597 |
| Goncalı | 945 | | | | |



Şekil 4. a. Yerleşim birimleri, **b.** Ulaşım, **c.** Kırsal özellikli mahallelerdeki nüfus dağılımı, **d.** Sağlık kurumlarının mahallere göre dağılımı (özel sağlık kurumları hariç)

Denizli Pamukkale İlçesi Agriturizm Potansiyeli

Sağlık Tesisleri

İlçede bulunan sağlık kurumları (özel sağlık kurumları hariç) aile sağlık merkezi ve 24 saat hizmet verebilen sağlık merkezi olarak iki kategoride ele alınmıştır. Buna göre Akköy, Aktepe, Anafartalar, Atalar, Bağbaşı, Cumhuriyet, Deliktaş, Dokuzkavaklar, Fatih, Gökpınar, Güzelköy, Hacıkapanlar, Irlırganlı, İstiklal, Kale, Karşıyaka, Kervansaray, Kuşpınar, Mehmetçik, Pamukkale, Pınarkent, Uzunpınar, Yunusemre, Zeytinköy mahallelerinde aile sağlık merkezi, Karahayıt ve Kınıklı mahallelerinde 24 saat hizmet verebilen sağlık merkezi bulunurken, diğer mahallelerde herhangi bir sağlık kurumu bulunmamaktadır (Şekil 4d).

Diğer Turistik Aktiviteler ve Mekânlar

Agriturizm, insanların sürekli yaşadıkları yerler dışında; tarımsal üretimin yapıldığı alanlara yaptıkları geziler ve ekolojik standartlarda gerçekleştirilen tarımsal üretime katılım, bir süre bu alanlarda konaklama ve tarımsal hizmet talebi olarak yorumlanabilmektedir

(Gökalp ve Yazgan, 2013). Dolayısıyla agriturizm potansiyelinin belirlenmesi açısından önemli olan parametrelerden bir diğeri de alanda turistlerin yapabileceği diğer faaliyetlerin bulunması [dış mekân rekreasyonları, eğitsel deneyimler (şarap tatma, yöresel yemek kursları), eğlence (festivaller), konaklama hizmetleri (çiftlikte kalma), doğrudan çiftlikten satış (kendin topla, yol boyu satış stantları), ağaç kiralama yer almaktadır], yöresel yemek çeşitliliği gibi çekicilik faktörleridir (Gopal ve ark, 2008; Gökalp ve Yazgan, 2013; Özşahin ve Kaymaz, 2014). Pamukkale ilçesinde yapılan diğer etkinlikler, tarihi, kültürel varlıklar Tablo 5'de ve Şekil 5'te verilmiştir.

Tablo 5'te verilen kültürel varlıklardan Hieropolis-Pamukkale kendine has doğal yapısı ve içerisindeki tarihi değerler bakımından UNESCO'nun dünya kültürel ve doğal mirasının korunması sözleşmesi uyarınca dünya mirası listesindedir (URL-19, 2021). Bunun yanı sıra Laodikya Antik Kenti'nde UNESCO'nun geçici miras listesinde yer almaktadır (URL-15, 2021).

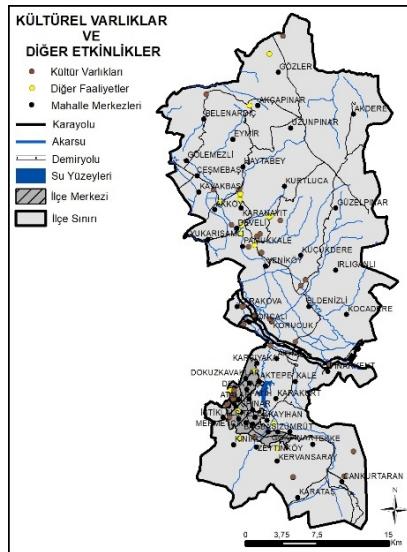
Tablo 5. Pamukkale ilçesindeki kültürel varlıklar ve diğer etkinlikler

| | | | |
|--|-------------------------------------|-----------------------------------|---|
| Tarihi Yapılar Kervansaraylar, mezarlıklar, türbeler DBB (2014); URL-9 (2021) | Abdüllüoğlu Evi | Böceli Tren İstasyonu | Kayalık Camii |
| | Akhan Kervansarayı | Denizli Evi | Külahçıoğlu Un Fabrikası |
| | Balcı Evi | Eski Gözler Yerleşimi | Sürücü Evi |
| | Belenardıç Camii | Goncalı Tren İstasyonu | Yeni Camii |
| | Karakova camii | H. Feyzi Efendi Camisi ve Türbesi | Hatipoğlu Camisi |
| | Hacı Baki Cami | 15 Mayıs Konut 3595 Ada 6 Parsel | Akköy Yukarı Cami |
| | Şaban Dede Türbesi | Kazak Abdal Türbesi | Dediği Yeter Sultan Türbesi |
| | Pamukkale Mezarlığı | Karakova Mezarlığı | Güzelköy(Yeniağa Mezarlığı) |
| | Korucuk Mezarlığı | Korucuk Su Değirmeni | Zeytinköy Mezarlığı |
| | Pamukkale Aşağı Cami | Develi Mezarlığı | Teslim Abdal türbesi |
| Festivaller (URL-5, 2021; URL-6, 2021, URL-7, 2021; URL-8, 2021), | Vosvos Festivali (Karahayıt) | Pati Festivali (Akköy) | Uluslararası Amatör Tiyatro Festivali (İncilipınar Parkı) |
| | Hamsi Festivali (İncilipınar Parkı) | Akvadi festivali (Aktepe) | Uluslararası Denizli Cam Bienali (İncilipınar Parkı) |
| Antik Kentler (DBB, 2014) | Hierapolis Antik Kenti | Laodikya Antik Kenti | Mossyna Antik Kenti |
| Termal Su (URL-10, 2021; URL-11, 2021) | Pamukkale Travertenleri | Karahayıt Kırmızı Su | Akköy Gölemezli Termal Turizm Merkezi |
| Diğer etkinlikler (URL-12, 2021; URL-13, 2021) | Yamaç Paraşütü | Sıcak Hava Balonu | Lavanta bahçesi |
| | At Çiftliği | ATV Safari | Kamp alanları |
| | Teleferik Bağbaşı Yaylası | Seyir Tepesi | Ters Ev |
| | Karahayıt Çarşısı | Bebek Evi Müzesi | |
| Korunan Alanlar (URL-20, 2021) | Honaz Dağı Milli Parkı | Beyinli Mağarası | Pamukkale ÖÇKB |

Denizli Pamukkale İlçesi Agriturizm Potansiyeli

Tablo 6. Pamukkale ilçesinde yetişen bitkisel ürünler ve hayvancılık (DTB, 2018; GEKA, 2020)

| | | | |
|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| Meyve | Nar | Armut | Badem |
| | Sofralık Üzüm, Çekirdeksiz | Şaraplık Üzümler | Kurutmalık Üzüm, Çekirdeksiz |
| | Sofralık Üzüm, Çekirdekli | Trabzon Hurması (Cennet Elması) | Erik |
| | Elma | Nektarin | Vişne |
| | Yağlık Zeytinler | Ceviz | Dut |
| | Sofralık Zeytinler | İncir (Yaş) | İğde |
| | Ayva | Kiraz | Zerdali |
| | Şeftali | Kayısı | Muşmula |
| Tahıl ve Diğer Tarla Ürünleri | Yonca | Fiğ | Mürdümük |
| | Mısır (Dane+Hasıl) | Kekik | Nohut, Kuru |
| | Buğday | Arpa | Anason |
| | Pamuk, Çırçırlanmamış (Kütlü) | | |
| Sebze | Domates | Soğan (Taze) | Turp |
| | Hıyar | Bezelye (Taze) | Sarımsak (Taze) |
| | Pırasa | Kabak (Sakız) | Bamya |
| | Patlıcan | Soğan (Kuru) | Barbunya (Taze) |
| | Biber | Bakla (Taze) | Karnabahar |
| | Ispanak | Beyaz Lahana | Maydanoz |
| | Kavun | Marul (Kivırcık) | Roka |
| | Marul (Göbekli) | Bal Kabağı | Tere |
| | Fasulye (Yaş) | Kırmızı Lahana | Nane |
| | Karpuz | Börülce (Taze) | Dereotu |
| Hayvancılık | Sığır | Keçi | Arıcılık (Kovan) |
| | Koyun | Tavuk | |
| Tıbbi Aromatik Bitkiler | Kekik | Lavanta | Adaçayı |
| | Haşhaş | | |



Şekil 5. Pamukkale ilçesindeki kültürel varlıklar ve diğer etkinliklerin mahallere göre dağılımı

Agriturizm potansiyelinin belirlenmesi açısından ürün çeşitliliği önemli parametrelerden biridir (Hochuli ve ark, 2021). Pamukkale ilçesi de bu açıdan çeşitlilik sergilemektedir (Tablo 6). Pamukkale ilçesi sergilediği ürün çeşitliliğinin yanı sıra bu ürünlerden bazıları ile de öne çıkmaktadır. 1992 yılında üretimine başlanan kekik (*Origanum onites* L) coğrafi işaretlidir (07.04.2021 tarihinde Denizli Kekliği marka adıyla coğrafi işaret tescil edilmiştir) (Baydar ve Arabacı, 2013; Tunca ve Yeşilyurt, 2017; URL-18, 2021). Denizli Türkiye'deki kekik üretiminin %92'sini, Dünya'nın %86'sını sağlamaktadır. 1990'lardan itibaren yaygınlaşan tıbbi aromatik bitki yetiştiriciliği iyi tarım uygulamalarıyla yapılmaktadır. Pamuk üretiminde Türkiye'de ilk sıralarda yer almaktadır. Pamuk üretiminde kullanılan tohumlar yerli tohumdur ve GDO'lu değildir. Denizli, Manisa'dan sonra üzüm üretiminde ikinci sıradadır (URL-19, 2021). Denizli ticaret borsasının 2018 yılında yayınladığı rapora göre kekik ve nar üretiminde Pamukkale ilde ilk sırada, ayva üretiminde ise ikinci sıradadır. Söz

Denizli Pamukkale İlçesi Agriturizm Potansiyeli

konusu bitki ve meyveler diğer ülkelere de ihraç edilmektedir. Söz konusu verilere göre ise nane sadece ilçede üretilmektedir. Tıbbi aromatik bitki üretiminde kekik, lavanta, haşhaş ve adaçayı üretiminde ilk sırada yer almaktadır. Arıcılık da ise ikinci sırada yer almaktadır (DTB, 2018; GEKA, 2020).

Denizli ili yöresel yemekler bakımından da zengindir. Yaklaşık 40 çeşit yemek ve 19 adet tatlı bulunmaktadır (URL-14, 2021). İl'de geleneksel yemek türleri ve beslenme alışkanlıkları sürmektedir. Kedi börülcesi çorbası, mercimek çorbası, domates çorbası, kuru börülce çorbası, tarhana çorbası, ovmaç çorbası gibi yöreye özgü çorba türleridir. Et yemeklerinin başlıcaları tas kapaması, kubar dolması, sirkeli et, nohutlu et, tandır, kol dolması, ciğer sarma, saçta işkembedir. Denizli mutfağının temelini sebze yemekleri oluşturur. Özellikle patlıcan yemek çeşitleri çoktur. Kuru patlıcan dolması, patlıcan gözlemesi gibi vb. taratorlu börülce salatası, ebe gümece salatası, filiz salatası yöreye özgün salata türleridir. Börek ve tatlı türlerinde Ege Bölgesi özellikleri görülür. Yufka, şipit, bazdırma evlerde yapılan ekmeklerdir. Yöredeki beslenme alışkanlıklarından biri de yatmadan önce yenen "yat geber ekmeği"dir. Kışın darı, kavurga, ceviz, kestane; yazın türlü meyveler, salatalık, kavun, karpuz yenmektedir (URL-14, 2021).

Agriturizm Potansiyelinin Belirlenmesi

Bu aşamada agriturizm potansiyelinin belirlenmesinde kullanılan parametreler ve etki değerleri belirlenmiştir. Bu parametre ve etki değerleri belirlenirken Kiper ve Aslan (2007), Gopal ve ark (2008), Gökalp ve Yazgan (2013) ve Özşahin ve Kaymaz (2014) kaynaklarından yararlanılmıştır.

Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı bir önemli parametredir. Agriturizm potansiyeli belirlenirken mevcut Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımından doğrudan etkilenecektir. Çalışma kapsamında tüm analizler sadece mevcut tarımsal alanlar dikkate alınarak yapılmıştır.

Turizmin temel unsurları veya arz kaynakları; çekicilikler, erişim ve konaklamadan oluşmaktadır (Özşahin ve Kaymaz, 2014). Tarım alanlarının yola yakınlığı gerek taşıma giderlerini en az düzeye indirmek, gerekse ziyaretçilerin kendilerini güvende hissetmeleri açısından önemlidir (Kiper ve Aslan 2006). Ancak yola doğrudan yakınlık kirlilik açısından istenmeyen bir durumdur. Bunun yanı sıra agriturizmde organik tarım önemli bir ölçüdür. Gökalp ve Yazgan (2013)'ın belirttiğine göre Karayolları Genel Müdürlüğü ağındaki ana yollara, 1 km. mesafedeki tarım arazilerinde, organik tarım ve hayvancılık yapılamamaktadır. Buradan yola çıkararak

kırsal yollar da Kiper ve Aslan (2006)'ın yönteminde kullanılan mesafeler göz önüne alınmıştır. Ana karayollarına uzaklık belirlenirken ise Gökalp ve Yazgan (2013)'ın belirttiği mesafe göz önüne alınmıştır. Bu mesafe içerisindeki alanlar doğrudan agriturizm için uygun olmayan alanlar olarak değerlendirilmiştir.

Yerleşim birimlerine uzaklık tarımsal turizmde ziyaretçilerin üzerinde durduğu önemli bir konudur. Gerekli durumlarda yerleşim yerine kısa sürede ulaşılabilme, konaklama ve haberleşme olanaklarının var olması güvenlik açısından önem teşkil etmektedir (Kiper ve Aslan, 2006). Bunun yanı sıra Gökalp ve Yazgan (2013)'ın belirttiğine göre ağır sanayi tesisleri, reaktörler, hidrolik ve termik enerji santrallerine, maden işletmelerine, kentsel atıkların toplu olarak bırakıldıkları alanlara 3 km. mesafedeki tarım arazilerinde organik tarım ve hayvancılık yapılamaz. Bu mesafe içerisindeki alanlar doğrudan agriturizm için uygun olmayan alanlar olarak değerlendirilmiştir. Söz konusu parametreler göz önüne alınarak yerleşim birimlerine uzaklık ölçüleri belirlenmiştir.

Alanın çekiciliği turistin bir alanı ziyaret etme isteğini doğuran faktörlerden biridir (Özşahin ve Kaymaz, 2014). Alan ve yakınında yapılabilecek farklı faaliyetler, ziyaret edilebilecek mekanlar olması bu çekiciliği arttıran unsurlardır.

Konaklama ise bir diğer önemli unsurdur. Konaklama hizmetleri (çiftlikte kalma) agriturizm faaliyeti içerisinde yer almaktadır (Gökalp ve Yazgan, 2013). Çalışma kapsamında konaklama hizmetlerine ilişkin değerlendirme yapılırken kırsal alandaki mahallelerin nüfusu göz önüne alınmıştır. Nüfus en düşükten en yükseğe doğru sıralanmış ve eşit aralıklarla bölünerek yüksek, orta ve düşük değerler verilmiştir.

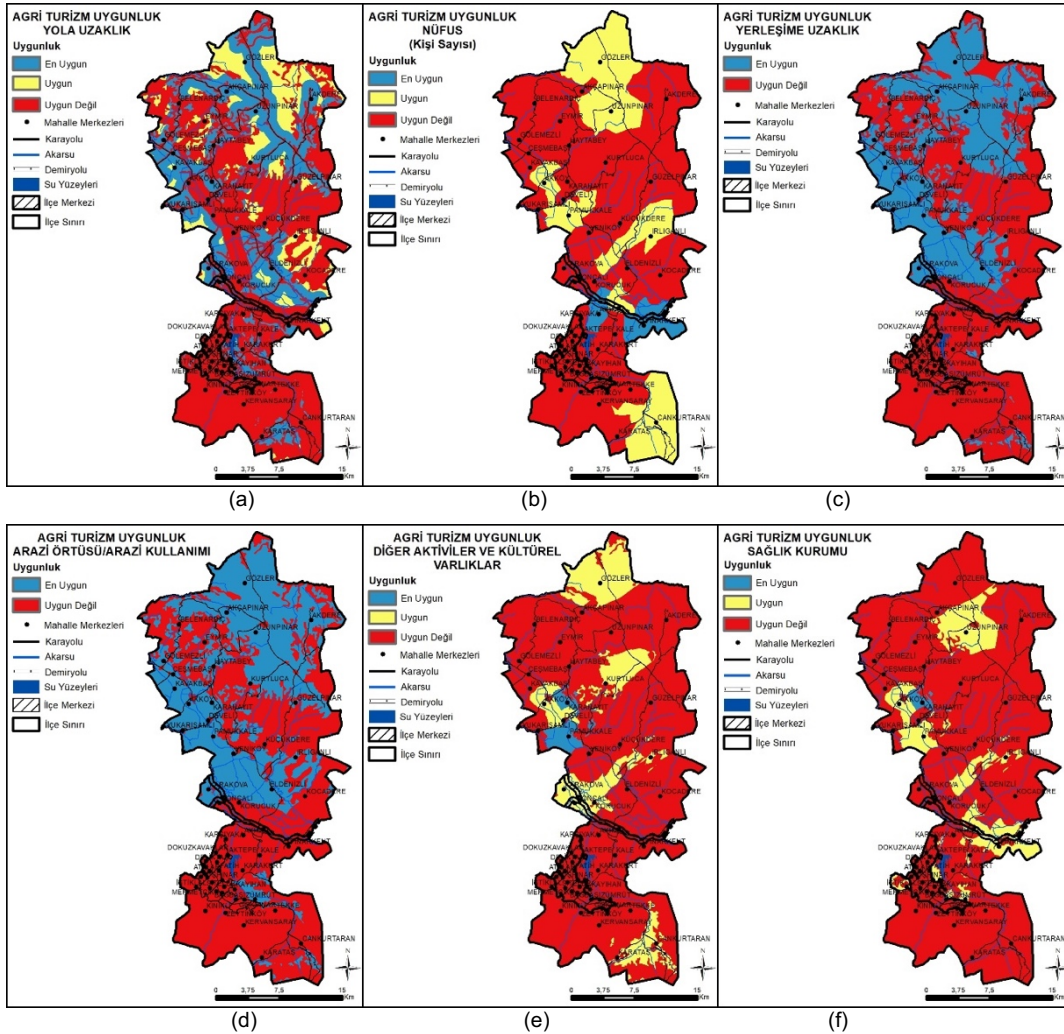
Yapılan faaliyetler sırasında oluşabilecek sağlık sorunlarına müdahale edebilecek sağlık personelinin bulunması önemlidir (Gopal ve ark, 2008) Bu nedenle gerek gün içinde gerekse 24 saat hizmet verebilen sağlık kurumlarının turizm faaliyetinin yapıldığı alan ve yakın çevresinde olması önemlidir. Bu amaçla ilçede bulunan sağlık kurumları (özel sağlık kurumları hariç) belirlenmiştir.

Yöntem kapsamında belirlenen parametrelere ait etki değerleri en uygun (3), uygun (2) ve uygun değil (1) şekline sınıflandırılmıştır (Tablo 7). Parametrelerin uygunluklarına ilişkin haritalar Şekil 6a, Şekil 6b, Şekil 6c, Şekil 6d, Şekil 6e, Şekil 6f de verilmiştir.

Denizli Pamukkale İlçesi Agriturizm Potansiyeli

Tablo 7. Agriturizm potansiyelinin belirlenmesinde kullanılan parametreler ve etki değerleri

| Parametreler | Parametre Sınıfları | Etki Değeri |
|--|---|-------------|
| Yola uzaklık (m) (Tarım alanları) | 0-100 | 1 |
| | 100-1000 | 3 |
| | >1000 | 2 |
| Nüfus (kişi sayısı) | Ana karayolu (1000 m lik tampon alan dahil) | 1 |
| | Düşük | 1 |
| | Orta | 2 |
| Yerleşime uzaklık (yapısına göre-m) | Yüksek | 3 |
| | Kent (3000 m tampon alan dahil) | 1 |
| | Kır (0-3000) | 3 |
| Arazi örtüsü/Arazi Kullanımı | Tarım | 3 |
| | Tarım dışı alanlar | 1 |
| Diğer aktiviteler ve kültürel varlıklar (mahalle bazındaki sayı) | Düşük | 1 |
| | Orta | 2 |
| | Yüksek | 3 |
| Sağlık kurumu | 24 saat ulaşılabilir | 3 |
| | Aile Sağlık Merkezi (08.00-17.00) | 2 |
| | Yok | 1 |



Şekil 6. Parametrelerin uygunluklarına ilişkin haritalar; a. Yola uzaklık (m), b. Nüfus (kişi sayısı), c. Yerleşime uzaklık (yapısına göre-m), d. Arazi örtüsü/Arazi Kullanımı, e. Diğer aktiviteler ve kültürel varlıklar (mahalle bazındaki sayı), f. Sağlık kurumu

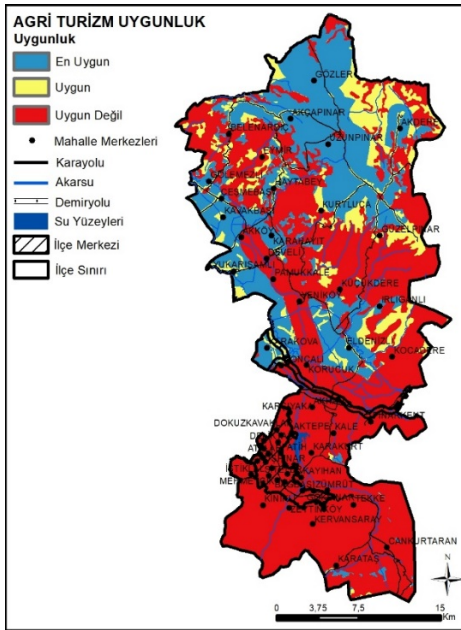
Denizli Pamukkale İlçesi Agriturizm Potansiyeli

SONUÇ

Yöntem kapsamında ele alınan parametrelerin ağırlık değeri eşit olarak ele alınmış ve sonuç haritası ortaya konulmuştur. Söz konusu değerlendirmeye göre ilçenin %68,34'lük kısmı (53594,26 ha) agriturizm potansiyeli açısından en uygun ve uygun sınıftadır. Alanın %31,64'lük kısmı (24810,69 ha) agriturizm potansiyeli açısından uygun değildir. Söz konusu alanın büyük bir kısmı ilçe merkezinin yakın çevresinde (kent sınırından itibaren 3 km'lik tampon bölge) bulunmaktadır (Tablo 8, Şekil 7)

Tablo 8. Pamukkale İlçesinin Uygunluk Sınıflarına Göre Tarım Turizmi Potansiyel Alanları (ha-%)

| Uygunluk sınıfları | Alan (ha) | Alan (%) |
|--------------------|------------|----------|
| Uygun Değil | 24810,69 | 31,64 |
| Uygun | 28875,9 | 36,82 |
| En Uygun | 24718,36 | 31,52 |
| Toplam | 78404,0417 | 100 |



Şekil 7. Agriturizm potansiyeli uygunluk haritası

İlçenin kuzey bölgesinde bulunan alanlar büyük oranda agriturizm potansiyeli açısından en uygun ve uygun alanlardan oluşmaktadır. Bu mahallelerden Pamukkale ve Karahayıt sağlık, termal ve tarih turizmi ile ön plana çıkmaktadır. Bunun yanı sıra Akköy Gölmezli (bu iki mahalle arasında yer alan bölge) termal turizm açısından uygun alanlardır (URL-10, 2021). Özellikle bu mahalleler dışında kalan alanlar için agriturizm önemli bir turizm potansiyeli sağlayacaktır.

Agriturizmin uygulanabilirliği açısından önemli olan konulardan biri konaklamadır. Bu açıdan kırsalda yapılacak pansiyonculuk faaliyetleri (çiftlikte kalma) önem kazanmaktadır. Türkiye'de 2004 yılında Buğday Derneği Çatısı altında başlayan agriturizm faaliyetlerini uygulayan çiftlik ve işletmelerin bir arada toplandığı TaTuTa'da; "Ekolojik Çiftliklerde Tarım Turizmi ve Gönüllü Bilgi, Tecrübe Takası" programı bulunmaktadır (Oruç Civelek ve ark., 2015). TaTuTa projesinin asıl amacı Türkiye'de ekolojik tarımla geçinen çiftçi ailelerine mali, gönüllü işgücü ve/veya bilgi desteği sağlayarak ekolojik tarımı teşvik etmek ve sürdürülebilirliğini sağlamaktır (URL-16, 2021). 2021 yılı itibari ile Türkiye'de 79 adet işletme bulunmaktadır (URL-17, 2021) (Şekil 8). Fakat bu işletmelerin arasında Denizli'de programa katılan işletme bulunmamaktadır. Agriturizm faaliyetleri açısından pansiyonculuğunda teşvik edilmesi gerekmektedir.

Pamukkale ilçesinde turizm sektörüne ilişkin sorunlardan bir tanesi turistlerin konaklama (Denizli'de ortalama 1.2 gün) süresidir (GEKA, 2015; URL-19, 2021). Agriturizm uygulamasıyla İlçe'ye gelen turistlerin konaklama süresi de artacaktır.

Sürdürülebilir turizm konusu son dönem bölge planlarında da ele alınan konulardan biri haline gelmiştir. Güney Ege Kalkınma Ajansı tarafından yapılan 2014-2023 TR32 Düzey 2 Bölgesi Bölge Planı'nda, bölge (Aydın-Denizli-Muğla) sosyo-ekonomik yapısında oldukça önemli bir yeri olan turizm alanında çeşitliliğin sağlanması, dört mevsime yayılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda ele alınan turizm çeşitlerinden biri de agriturizm (tarım turizmi) dir. Pamukkale ilçesi GEKA'nın yapmış olduğu 2014-2023 Bölge Planı'nda ekonomisini çeşitlendirmiş turizm yoğun merkez olarak sınıflandırılmıştır (GEKA, 2015). İlçe her ne kadar sağlık, termal, tarih turizmi ile öne çıksa da ilçedeki tarım alanlarının büyüklüğü, ürün çeşitliliği, ilçedeki farklı turistlerin katılabileceği/yapabileceği farklı faaliyetlerin bulunması (festivaller, yamaç paraşütü vs.) ilçeyi agriturizm açısından da değerli kılmaktadır. Sözü edilen turizm türlerinin sadece uygulandıkları bölge ile sınırlı kaldığı göz önüne alındığında bölge halkının turizmden gelir elde edebilmesi ve bu gelirin ilçe geneline yayılması açısından da agriturizm oldukça önem kazanmaktadır. Çalışma kapsamında bu tip çalışmalarda sıklıkla kullanılan örtmeler yöntemi kullanılmıştır. Söz konusu yöntemde parametreler belirli ağırlıklar göz önüne alınarak değerlendirilebilmektedir. Fakat bu yöntem bazı eksiklikleri de beraberinde getirmektedir. Bir parametre açısından hiç uygun olmayan bir alan başka parametre açısından uygun sınıfta değerlendirildiği takdirde söz konusu alan uygun olarak değer alabilmektedir. Fakat

Denizli Pamukkale İlçesi Agriturismo Potansiyeli

söz konusu alan mevzuat gereği o kullanım için kesinlikle kullanılmaması gereken alan olabilmektedir. Bu yöntemde bu durum gözden kaçabilmektedir. Çalışma kapsamında bu durum dikkate alınarak analizler yapılmıştır. Bunun yanı sıra yöntemde tüm parametreler

eşit olarak değerlendirilmiştir. Bu durum uzman görüşlerinin dikkate alındığı yöntemler (çok kriterli karar verme yöntemleri gibi) kullanılarak farklı şekillerde değerlendirilebilmektedir.



Şekil 8. TaTuTa projesi resmi web sayfasından görüntü (il sınırları netleştirilmiştir)

Agriturismo ile ilgili alanlar belirlenirken hem agriturismo yapılıcağı alana hem de diğer aktivitelere ulaşım konusu da değerlendirmeye alınmalıdır. Çalışma kapsamında ilçe merkezine en uzak mesafe 45,1 km (Gözler Mah.) olduğundan ve diğer aktiviteler adı altındaki tüm alanlara erişim sağlanabildiğinden bu konu değerlendirmeye alınmamıştır.

Bunun yanı sıra biyoklimatik konfor analizi, agro-ekolojik analizler ve görsel değer analizi de ele alınması gerekli diğer konulardandır. Biyoklimatik konfor analizi ile yılın hangi zamanlarında hangi faaliyetlerin yapılacağı belirlenebilecektir. Agro-ekolojik analizlerle yörede yetiştirilebilecek diğer ürünler belirlenerek ürün çeşitliliğinin artırılmasına katkı sağlanmış olacaktır. Görsel değerleri yüksek alanlar alan çekiciliğini arttıracığından söz konusu analiz de potansiyel alanların belirlenmesinde yol gösterici olacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma 1st International Architectural Sciences And Applications Symposium (Isparta- Turkey October 27-28-29, 2021)'da sunulmuştur.



KAYNAKLAR

- Baydar, H., Arabacı, O. (2013). Türkiye'nin kekik üretim merkezi olan Denizli'de kültür kekiğinin (*Origanum onites L.*) tarımsal ve teknolojik özellikleri.10. Tarla Bitkileri Kongresi, 10-13 Eylül 2013, Konya
- DBB (2014). Denizli kültür envanteri. Denizli Büyükşehir Belediyesi. Denizli
- DTB (2018). Denizli Tarım ve Hayvancılık Envanteri (2018). Denizli Ticaret Borsası. Denizli.
- Ecker, S., Clarke, R., Cartwright, S., Kancans, R., Please, P., Binks, B. (2010). Drivers of regional agritourism and food tourism in Australia. *Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics–Bureau of Rural Sciences*, Canberra.
- Flanigan S., Blackstock K., Hunter C. (2014). Agritourism from the perspective of providers and visitors: a typology-based study *Tourism Management*, 40 (2014).
- GEKA (2015). 2014-2023 TR32 düzey 2 bölgesi bölge planı. Denizli.
- GEKA (2020). Denizli ili tıbbi ve aromatik bitkilerden yağ eldesi tesisi yatırımına yönelik ön fizibilite raporu. Denizli.
- Gopal R., Varma S., Gopinathan R. (2008). Rural tourism development: Constraints and possibilities with a special reference to agri tourism a case study on agri tourism destination – Malegoan Village, Taluka Baramati, District Pune, Maharashtra Dr. R. Gopal, Ms. Shilpa Varma and Ms. Rashmi Gopinathan Conference on Tourism in India – Challenges Ahead, 15-17 May 2008, IIMK.

Denizli Pamukkale İlçesi Agriturizm Potansiyeli

- Gökalp D. D., Yazgan M. E. (2013). Kırsal peyzaj planlamada agroturizm ve agriturizm. *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi* 15 (24): 25-29.
- Hochuli A., Hochuli J., Schmid D. (2021). Competitiveness of diversification strategies in agricultural dairy farms: Empirical findings for rural regions in Switzerland. *Journal of Rural Studies* 82 (2021): 98–106
- Kiper, T., Arslan, M. (2006). Safranbolu-Yörükköyü tarımsal turizm potansiyelinin kırsal kalkınma açısından değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Kiper, T., Arslan, M. (2007). Safranbolu-Yörükköyü tarımsal turizm potansiyelinin kırsal kalkınma açısından değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2: 145-158
- Li, S., Li, C. (2021). What makes customer participation a double-edged sword: The impact and factors of self-serving bias in agritourism. *Journal of Destination Marketing & Management*, 21, 100571; DOI: 10.1016/j.jdmm.2021.100571
- Montefrio, J. F. M., Sin, H. L. (2021). Between food and spectacle: The complex reconfigurations of rural production in agritourism. *Geoforum*, 126 (2021):383–393
- Oruç Civelek, M., Dalgın, T., Çeken, H. (2015). Tarım turizmi uygulamaları ve pazarlama modelleri: Türkiye için bir model önerisi. *Uluslararası Sosyal ve Ekonomik Bilimler Dergisi* (2): 40-45.
- Özşahin, E., Kaymaz, Ç.K. (2014). Amik Ovası'nın tarım (agro) turizmi potansiyelinin coğrafi yaklaşımla incelenmesi. *Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi*, 25(2): 241 – 257.
- Petroman, I., Varga, M., Constantin, E.C., Petroman, C., Momir, B., Turc, B., Merce, I. (2016). Agritourism: An educational tool for the students with agro-food profile. *Procedia Economics and Finance*. 3rd Global Conference on Business, Economics, Management and Tourism, 26-28 November 2015, Rome, Italy, 39:83–87.
- Phillip, S., Hunter, C. Blackstock, K. (2010). A typology for defining agritourism. *Tourism Management* 31 (2010): 754–758.
- Tew, C., Barbieri, C. (2012). The perceived benefits of agritourism: *The provider's perspective*. *Tourism Management*, 33 (2012): 215-224
- Tunca, H, Yeşilyurt, M. E. (2017). Türkiye ve Dünya'da kekik. DTB Raporu, Denizli.
- TÜİK (2021). <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&loca=tr> (Erişim Tarihi: 29.10.2021)
- URL-1 (2021). <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018?tab=download> (Erişim Tarihi: 31.03.2021)
- URL 2 (2021). <http://download.geofabrik.de/europe.html> (Erişim tarihi: 23.10.2021)
- URL-3 (2021). <https://www.google.com/maps/@37.7351237,29.1041687,15z> (Erişim tarihi: 24.10.2021)
- URL-4 (2021). <https://adres.denizli.bel.tr/> (Erişim Tarihi: 24.10.2021)
- URL-5 (2021). <https://www.pamukkale.bel.tr/h-1593--vosvos-festivali-pamukkale-ye-renk-katti> (Erişim Tarihi: 24.10.2021)
- URL-6 (2021). <https://www.pamukkale.bel.tr/h-523-bisiklet-festivali-nde-saglikli-yasama-pedal-cevirdiler> (Erişim Tarihi: 24.10.2021)
- URL-7 (2021). <https://www.pamukkale.bel.tr/h-695-pamukkale-belediyesi-nden-karadenizliler-e-destek> (Erişim Tarihi: 24.10.2021)
- URL-8 (2021). <https://www.denizli.bel.tr/Default.aspx?k=festivaller> (Erişim Tarihi: 24.10.2021)
- URL-9 (2021). <https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/denizli/anitlar?illd=54&keyword=pamukkale&tur=0&etiket=&hariciEtiket=&gorsel=0&sayfa=1&sayi=12> (Erişim Tarihi: 25.10.2021)
- URL-10 (2021). <https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/denizli/gezilecekler/akkoy-golemezli-termal-turizm-merkezi> (Erişim tarihi: 29.10.2021)
- URL-11 (2021). <https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/denizli/gezilecekler> (Erişim Tarihi: 24.10.2021)
- URL-12 (2021). <https://denizli.ktb.gov.tr/TR-211842/yamac-parasutu.html> (Erişim Tarihi: 24.10.2021)
- URL-13 (2021). <https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/denizli/gezilecekler>, (Erişim Tarihi: 24.10.2021)
- URL-14 (2021). <https://denizli.ktb.gov.tr/TR-212083/denizli-yemek-kulturu.html> (Erişim Tarihi: 24.10.2021)
- URL-15 (2021). <https://www.unesco.org.tr/Pages/125/122/UNESCO-D%C3%BCnya-Miras%C4%B1-Listesi> (Erişim Tarihi: 27.10.2021)
- URL-16 (2021). <http://www.bugday.org/portal/projeler.php?pid=41> (Erişim Tarihi: 29.10.2021)
- URL-17 (2021). <https://www.ofturkey.org/tr/hosts/search> (Erişim Tarihi: 29.10.2021)
- URL-18 (2021). https://online.turkpatent.gov.tr/trademark-search/pub/#trademark_result_detail (Erişim Tarihi: 24.10.2021)
- URL-19 (2021). Pamukkale Özel Çevre Koruma Bölgesi Yönetim Planı 2020-2024. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü. Ankara. Web sayfası: https://webdosya.csb.gov.tr/db/tabiat/icerikler/pamukkale_yp_2020_2-20200327084440.pdf (Erişim Tarihi: 23.10.2021)
- URL-20 (2021). Denizli İli Korunan Alanları Tabiat Turizmi Master Planı 2020-2023. Tarım ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü. Ankara (Erişim Tarihi: 23.10.2021)

Renk Kullanımının İnsan Psikolojisine Etkisi: Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi Örneği

Seda DÜNDAR , Kurt Orkun AKTAŞ 

Kırıkkale Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Kırıkkale

Geliş Tarihi (Received): 15.06.2023, Kabul Tarihi (Accepted): 15.09.2023

✉ Sorumlu Yazar (Corresponding author*): mimsedadun@gmail.com

☎ +90 318 3573235 📠 +90 318 3574128

ÖZ

Mekan tasarımında renk kullanımı oldukça önemli ve hassas bir konudur. Özellikle sağlık yapılarında renk kullanımında stres seviyelerinin her bir kurum ve mekandan çok daha fazla yaşandığı bu ortamlarda seçimini bir kat daha önemli kılmaktadır. İnsan fizyolojisi ve psikolojisi üzerinde etkisi yadsınamaz bir durumda olan renklerin hastanelerde kullanımı, kullanım alanlarına göre farklılaşmaktadır. Sağlık yapılarında tercih edilecek olan renklerin hasta, hasta yakını, doktor ve diğer çalışanlar ile poliklinikler ve ameliyathaneler gibi pek çok farklı bölümde farklı tercih süreçleri ile bütünleşmesi gerekmektedir. Yapılan bu çalışmada da Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesinde koridorlar, poliklinikler, bekleme salonları, giriş hol ve hasta odalarında uygulanan renk tercihlerinin nasıl olduğu tespit edilmeye çalışılmıştır. İstanbul Başakşehir Çam ve Sakura Hastanesinde genel olarak açık bej, bej, krem ve gri tonları seçilmiştir. Koridorlarda, hasta odalarında, polikliniklerde ve bekleme alanlarında koltukların altını özelleştirmek adına ahşap görünümlü pvc, döşeme malzemesi olarak seçilen seramiklerde ise ahşap görünümlü seramikler seçilmiştir. Hastane genelinde renk seçiminde sıcak-soğuk ilişkisinin birlikte düşünüldüğü, renk tasarımının psikolojik etkisi içinde, sakin, güven verici ve dinlendirici, bej, krem ve turuncu renkler ile mobilyalarda daha soft ve mavi tonlarında enerji kaynaklı renk seçimlerine dikkat edildiği görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Renk, sağlık yapıları, Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi

Effect of Color Use on Human Psychology: Example of Başakşehir Pine and Sakura City Hospital

ABSTRACT

The use of color in space design is a very important and sensitive problem. Especially in these environments, where stress levels are higher in the use of color in health care buildings than in any institution and place, it makes the choice even more important. The use of colors in hospitals, which have an undeniable effect on human physiology and psychology, differs according to their usage areas. The colors to be preferred in healthcare buildings should be integrated with different preference procedures in many different situations such as patients, patient relatives, doctors and other employees, polyclinics and operating rooms. These effects on the hospital will be determined by trying to determine how the color preferences applied in the polyclinics, patient rooms, operating rooms and corridors in Başakşehir Çam and Sakura hospitals and the elements obtained will be discussed with the literature. Generally, light beige, beige, cream and gray tones were chosen in İstanbul Başakşehir Çam and Sakura Hospital. Wooden-like PVC was chosen to customize the bottom of the seats in corridors, patient rooms, polyclinics and waiting areas, and wood-

Renk Kullanımının İnsan Psikolojisine Etkisi: Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi Örneği

like ceramics were chosen for the ceramics chosen as flooring material. It is seen that the warm-cold relationship is considered together in the selection of colors throughout the hospital, and attention is paid to the calm, reassuring and relaxing, beige, cream and orange colors in the psychological effect of color design, and energy-based color choices in softer and blue tones in furniture.

Keywords: Color, health buildings, Başakşehir Çam and Sakura City Hospital

GİRİŞ

İnsanlar kullanmakta oldukları mekanlar ile her zaman bir etkileşim halinde olup içinde buldukları mekanları duyarlar yoluyla algırlar. İnsan ile mekan arasındaki etkileşimin büyük bir kısmını görme duyusu kaynaklı görsel algılar oluşturmaktadır. Renk, ışık ve mekanın biçimsel nitelikleri, kullanılan malzemeler gibi kavramlar mekandaki görsel algıyı etkileyen tasarım öğeleridir (İbili, 2018). Renk, var olan her şeyi etkileyen duyuşsal ve soyut değerleri temsil eder. Renkler, günlük hayatımızın önemli bir parçasıdır. Renkler, sadece çevreyi anlamak ve yorumlamak, belirli yerleri vurgulamak veya belirli öğeleri bir araya getirmek için değil aynı zamanda gerçek bir mimari öğe olarak kullanılır (Mahnke, 1996 ; Scaglione, 2010). Renklerin oluşturduğu görsel ortam, fiziksel unsurlarının etkileşimi ve onu oluşturan ışıkla tamamlanır. İyi düşünülmüş bir renk uygulaması ise iç tasarımda çoğu şeyi derinden etkiler. Renkler, çevreyi geliştirmede ve mekansal yönelim sağlamada hayati bir rol oynar, mekanda yaşayan bireylerin çevresini anlamlandırmasında etkili olur. Ayrıca rengin duygularımız üzerinde yoğun bir etkisi vardır. Duygularımız hayatımızın her alanını kaplar, özellikle de üretilen renk formu gün içinde sirkadiyen ritmini derinden etkiler. Duygularımız; ruh halimizi, kullandığımız dili, hafızamızı ve psikolojik durumumuzu etkiler (Zraati, 2012).

Mekan tasarımlarında kullanılan renkler her bir yapı için çok hassas bir öneme sahiptir. Bu yapılardan biri de sağlık yapıları olan hastanelerdir. Hastalar ve ziyaretçiler için hastaneye girmek belirsiz bir zaman sürecini ifade eder ve genellikle streslidir. Hasta merkezli tasarım anlayışıyla sağlık merkezlerinin fiziksel ortamı iyileştirilmeye çalışılmaktadır. Hastane ortamında renk çekicilik sağlayabilir (Nikolic ve Nikolic, 2015). Olumlu çevresel uyarım, stresi veya olumsuz duyguları azaltarak hastanın iyileşme sürecine katkıda bulunabilir. Hasta odaları tasarlanırken renklerin bilinçli bir şekilde kullanılması, planlı ve sistemli bir biçimde ilerlemesi gerekmektedir. Hastaların sağlık durumu, çevresel etkilere karşı tutumları incelenmeli bu doğrultuda renk planlamalarının oluşturulması beklenmektedir. Ana renk planları ile oluşturulacak ilke, belirleme ve öneriler, yapı yüzü ve diğer tüm

kentsel öğelerin renk tasarımlarını gerçekleştirecek kişilere de yol gösterici olabilmektedir. Bu planlamaların gerçekleştirilebilmesi için ise öncelikle mevcut doğal ve yapma çevre renklerinin detaylı olarak incelenmesi, sınıflandırılması ve arşivlenmesi yani çevresel renk analizlerinin yapılması gerekmektedir (Ünver 1985). Yansımaları önlemek için mümkün olan her yerde mat yüzeylerin kullanımı çok önemlidir. Örneğin yatakta yatan hastalarda pencerelerin kornumu nedeniyle cıvalı yüzeye çarpan günışığı büyük bir parlamaya neden olur (Özata, 2018).

Renkler, Özellikleri ve Taşıdıkları Anlamlar

En temel anlamıyla renk, nesnelere yansıtılarak gelen ışınların (ışık) görsel algıda oluşturduğu duygudur (İpek, 2014). Renkler; fiziksel renk, psikolojik renk ve fizyolojik renkler olarak da sınıflanmaktadır. Ve bu sınıflamada aralarındaki ilişki tam olarak net ve ispatlı değildir. Fiziksel yönden farklılık arz eden iki ayrı ışık psikolojik olarak aynı renk algılaması yaratabilir. Dolayısı ile psikolojik renk algılaması ile gerçek renge ilişkin bir çıkarıma varmak hiçbir zaman mümkün olamaz. Gözle görülebilen tüm ışık dalga uzunluklarını güneş ışığı dalga uzunluğundaki kadar içeren bir ışık "renksiz" olarak algılanır. Psikolojik açıdan renkli olarak adlandırdığımız ışık, ya bir dalga uzunluğunda olur veya renge sahip olmayan bir ışığın içinde bazı dalga boylarının bulunmaması nedeniyle oluşur. Bu şekildeki renksiz bir ışıkta bir dalga boyunun bulunmaması nedeniyle, geri kalan ışık dalga boylarının uyandırdığı psikolojik renk "tamamlayıcı renk" olarak adlandırılır. Örneğin, mavi rengi oluşturan dalga uzunluğunun bulunmaması ile ışık "sarı", yeşil dalga boyu bulunmuyorsa ışık "kırmızı" olarak algılanır. Bundan ötürü, mavi sarının veya sarı mavinin, kırmızı ise yeşilin tamamlayıcı rengidir (İbili, 2018).

Her rengin taşıdığı anlam ve özellikler farklılık göstermektedir. Bazı renkler huzur, sıcaklık, hafiflik, dinginlik, sevinç verirken bazıları da korku, soğukluk, pasiflik ve üzüntü verebilmektedir. Renk olgusunun, psikolojik faktörlerden algılama ile ilgili olduğu belirtilmektedir. Tüketicilerin ürün ve hizmetleri tüketimi ile ilgili seçimlerini yaparken renklerle yüz yüze geldiği ve algılama sürecinde bu uyarıcılardan etkilendiği

Renk Kullanımının İnsan Psikolojisine Etkisi: Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi Örneği

bilinmektedir. Renk olgusunun tüketicilerin algılamalarında önemli bir yere sahip olduğu bilinmektedir (Engel ve ark.,1995). Bu durumda renkleri tek tek incelemek daha doğru olacaktır.

Kırmızı: Kırmızı, canlılığın ve dinamizmin rengidir. Samimiyet ve hoşlanma duygularını tetikler, mutluluğun temsilcisidir. Fiziki ataklık, azim ve karalılıkta kırmızı rengin yansıttığı özelliklerdendir. Kırmızıya uzun süre bakılması sinir bozukluğuna ve strese yol açabilir.

Turuncu: Dalga boyu kırmızıya göre daha azdır. Sıcaklık, yakınlık, kuruluk, büyüklük ana karakterleridir. Yaşama arzusunu ve gücünü artırır.

Pembe: Kırmızı ve beyaz değişik oranlarda birleşince değişik tonlarda pembe renk ortaya çıkar. Kırmızı gibi canlılığın rengidir ama daha soft bir etki yaratır. Neşe ve mutluluğun rengi de olan pembe, aynı zamanda hayallerin de rengidir.

Mavi: Dinginlik mavinin ana karakteridir. Koyu tonları ya da yoğun olarak kullanılması moral bozukluğuna, kasvete, açık tonları ya da beyazla birlikte kullanılması ise sükunet ve güven duygusuna yönlendirir.

Yeşil: Duygusal anlamda insanı en çok etkileyen organ olan kalbin yeşil renk tarafından yayılan enerji alanı içinde olduğu düşünülmektedir. Doğa ve bahar yeşil demektir. Dinlendirir, gençleştirir ve güven verir. Yeşil yaratıcılığı teşvik eder. Bundan ötürü büyük restoran mutfakları "yeşil alan" gibi düzenlenir. Hastaneler de yeşilli rahatlatıcı özelliğinden dolayı yoğun olarak kullanılmaktadır. Yeşil alanlarda insanların mide rahatsızlıklarından daha az muzdarip oldukları saptanmıştır.

Mor: Dalga boyu en kısa olan renktir. Psikonevrotik duyguları kışkırttığı için, insan bilinçaltında korku yarattığı saptanmıştır. İntihar eden kişilerin en çok beğendikleri renkte mordur.

Beyaz: Siyah ve kurşuni gibi renkler nötr, yani tarafsız renklerdir. Bunlar esasen tek başlarına belli bir renk özelliği arz etmezler. Daha çok, diğer renkleri elde etmek için yardımcı olarak kullanılırlar. Nötr renklerin, dinlendirici, doyurucu, manalı ve ciddiyet içeren bir etkileri vardır. Bu renklerden siyah, derinliği ve karanlığı, beyaz ise aydınlığı, temizliği ve yakınlığı çağırıştırır (İbili, 2018).

Ayrıca yapılan araştırmalar, renk yelpazesinin insan biyolojisi ve sağlığı üzerinde önemli birçok unsur içerdiğini göstermiş, toplumdaki renk kültürünün,

renklerin yarattığı psikolojik ve fizyolojik tepkilerin sağlık yapılarının şekillendirilmesinde mutlaka dikkatle değerlendirilmesi gereken faktörler olduğunu ortaya koymuştur. Renklerin genel psikolojik ve fizyolojik etkileri geçen bölümlerde ele alınmıştır. Aşağıda Sağlık alanında kullanımına göre özel olarak açıklanmıştır:

Kırmızı: Kan sıcaklığını yükseltir ve dolaşımı uyarır. Kırmızı, anemi, yorgunluk, felç ve bitkinlik çeken insanlara bakım yapmak için kullanılır

Turuncu: Dolaşım, sinir ve solunum sistemlerini harekete geçirir. Zihinsel faaliyetleri uyarır, metabolizmayı hızlandırır, çocuğunu emziren annelere önerilir, sağlıklı diş, tırnak ve saç için gereklidir. Açık tonları romatizmada kullanılır, karaciğere yarar, stres altındaki insanlara uygun değildir. Sarı: Sindirim sistemi üzerinde etkilidir. Hazımsızlığı önler, iştahı açar. Sinir ve kas sistemini güçlendirir, doku ve kemik iltihaplarında kullanılır, vücuttaki zehirli maddelerin atımını kolaylaştırır, kanı temizler, sinir ve akıl hastalıklarında önerilmez.

Yeşil: İnsan hücre yapısını ve kaslarını etkilediği bilinmektedir. Kas, deri, doku oluşumuyla ilgilidir. Hücre onarımını sağlar ve yapısını güçlendirir. Sinir sistemini ve kalbi korur, zehirli maddelerin vücuttan atımını kolaylaştırır, yatıştırıcı ve dinlendiricidir. Kapalı yerlerde kalmaktan korkan insanların bu korkularını yenmelerinde yardımcı olur. Yeşil ayrıyeten büyütme ve iyileştirme gücü vardır. Kırıklar, doku büyümesi istenen organlar ve büyüme hormonun fazlaşması açısından çocuk alanlarında yeşil renk kullanılmalıdır. Yanlış kullanıldığında yorgunluk ve tembellik hissi uyandırır.

Turkuaz: Son derece dinlendiricidir. Baş ağrısı, alerji, tahriş, kesik, yanık tedavilerinde kullanılır. Cilt hastalıklarında etkilidir. Cildi güzelleştirir. Stresi ve gerginliği azaltır, zehirli maddelerin atımını hızlandırır. Bağırsıklık sistemini güçlendirerek hastalıklara karşı koymamızı sağlar. Zihni açar. Tembelliğe eğilimli olanlara pek önerilmez.

Mavi: Yüksek tansiyon ve ateşli hastalıklarda kullanılır. Kalp atış hızını düşürür, bu nedenle vücudun kendini iyileştirmesi için sessiz bir süre sağlar. Ayrıca mavi, gerginliği, stresi ve bağırsıklık sistemi ile ilgili sorunları hafifletmeye yardımcı olur. Uykusuzluk, kaygı, yüksek tansiyon, migren ve cilt tahrişini hafiflettiğine inanılıyor. Güneş çarpmalarında vücut ısısını düşürür. Strese, baş ağrısında boğaz hastalıklarında yardımcıdır. Migrene, menenjitte, uykusuzluğa, bağırsak bozukluklarına da iyi gelir. Mavi renk çocuk

Renk Kullanımının İnsan Psikolojisine Etkisi: Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi Örneği

hastalıklarında etkilidir, özellikle diş çıkarma, boğaz ve bademcik ağrısı, kızamık, boğmaca, suçiçeği gibi hastalıklarda kullanılır. Miyop, katarakt ve benzeri göz hastalıklarında da mavi rengin enerjisinden yararlanır. Felç, nezle ve düşük tansiyon sorunlarında tavsiye edilmez.

Sarı: Karaciğer ve bağırsak sürecinin yanı sıra sindirime yardımcı olmak için kullanılır. Sarının vücut için temizleyici görevi görecektir dekonjestan ve antibakteriyel özelliklere sahip olduğu düşünülmektedir. Romatizma ve artrit hafifletmeye yardımcı olduğu bilinmektedir.

Mor: Sinüslere yardımcı olur ve sinir sistemini sakinleştirdiği bilinmektedir. Bedendeki tüm salgı bezleriyle ilişkilidir ve hormonal düzeni etkiler Menenjit, beyin sarsıntısı, sara gibi hastalıklarda tedavi edicidir. Göz ve kulak rahatsızlıklarında kullanılır. Kan temizleyici özelliği vardır. Akciğer, kalp, karaciğer ve böbreklerin sağlığında rol oynar. İskelet yapısı üzerinde oldukça etkilidir. Çeşitli kanser türlerinin tedavisinde kullanılabilir.

Beyaz-Siyah-Kahverengi: Beyaz tüm ışık tayfını bünyesinde toplamıştır. Enerji sistemini dengeler, temizler. Yaratıcılık duygularını açığa çıkarır ve geliştirir. Birlikte kullanıldığı diğer renklerin güçlerini artırır. Siyah, gri ve kahverengi gökkuşağında ve renk çarkında bulunmaz. Son derece yoğun ve ağır enerjileri vardır. Doğru zamanda kullanıldıklarında etkileri olumludur. Siyahın aşırılıkları dengeleyici özelliği vardır, ancak tek renk olarak kullanılmaması iyi olur. Kahverengi sosyal dengeyi ve toplum içinde rahatlığı sağlar. Zihin üzerinde etkilidir (Tofle ve ark., 2004; İbili, 2018).

Sağlık Yapılarında Renk Kullanımı

Hastane insanın yaşamı boyunca fiziksel, ruhsal ve sosyal olarak iyileşmek için gittiği sağlık kuruluşudur. Hastaneler, insanlara tedavi imkânı sağlayan insan sağlığını olumsuz etkileyen faktörleri ortadan kaldıran kurum ve kuruluşlardır. Bu kurum hastalarla ilgilenebilme, mesleki hizmetler sunma, tıbbi bakım alabilme veya tesisleri kullanabilmeye olanak sağlamaktadır. Ancak ister hasta ve ziyaretçi isterse sağlık personeli olsun hastane ortamı insan üzerinde genellikle fiziksel, psikolojik ve davranışsal açıdan olumsuz etki oluşturabilir (Bowers, 2003; Güller, 2007). Sağlık yapılarında tasarım çok önemli bir işleve sahiptir. Sağlık bulmaya gelen bireylerin bu süreçleri ile doğrudan ilişkilidir. Özellikle hastanelerde, hasta ve hasta yakınlarının stres seviyesi oldukça yüksektir ve iyileşmenin sağlanabilmesi için stres düzeyinin

minimumuna indirilmesi gerekir. İnsanlar hastalık psikolojisiyle birlikte mekâna tedirgin olarak gelirler. Hasta yakınları sevdiklerine zarar gelecek korkusuyla hastanelerde onlara eşlik ederler. Stresli bir ortamda çalışan personelin daha huzurlu bir iş ortamına ihtiyacı vardır. Bu yüzden hastane tasarımı yapılırken insanları strese sokmayacak ve rahatlatıcak mekânlar tasarlanmasına özen gösterilmelidir (Şahiner Tufan ve Erbay, 2022).

Hastanelerde renk kullanımında yaşanan en büyük zorluk, çok zor bir organizasyona sahip olan bu yapının çok ayrıntılı düşünülmesinden kaynaklanmaktadır. Sağlık yapılarında birden farklı renk kullanımı ile ilgili çeşitli araştırmalar bulunmaktadır. Örneğin; giriş salonlarında özellikle hasta ve hasta yakınları açısından ilk izlenim açısından etkili olması ve güven vermesi açısından güçlü ve ayırt edici renklerin kullanılması (Long ve ark., 2021), bekleme salonlarında daha soğuk renklerin tercih edilmesi, kısa süreli beklenen alanlarda ise daha sıcak renklerin tercih edilmesi, yönlendiricilerin ve özel alanların ise daha belirgin ve göze çarpan renklerle oluşturulmaya çalışılması sağlık yapılarının kullanımı açısından son derece etkili olacaktır (Chen, 2013; Long ve ark., 2021). Yine beyaz rengin hijyenle bağdaştırılması ve son dönemlerde yaygın olan clean room uygulamalarında özellikle seçilen beyaz ve soft renklerin tercih edilmesi, hasta odalarında düşük kontrastlar ile açık ve orta parlaklık düzeyindeki renklerle tasarım süreçlerinin devam ettirilmesi sağlık yapıları açısından etkili olacaktır (Tuncay, 2006; Köseoğlu ve Çelikkayalar, 2016).

Sağlık Ortamları Araştırma Koalisyonu (CHER) tarafından 2004 yılında yayınlanan araştırma raporunda sağlık yapılarında kullanıldığında insan psikolojisi üzerinde daha olumlu sonuçlar veren renklerle ilgili bir takım tespitler vurgulanmıştır. Örneğin; Bekleme odaları ve koridorlarda daha canlı ve güçlü renklerin kullanılması özellikle de yön bulmaya yardımcı olmak amacıyla koridorlarda çok güçlü vurgu renkleri önerilmiştir. Yoğun bakım üniteleri için sakinleştirici ve dinlendirici, yumuşak nötr tonlar önerilirken, Ameliyathanelerde genellikle, cerrahın konsantrasyonuyla üretilen sonraki görüntüyü nötralize etmek için daha soğuk, sessiz bir yeşil veya mavi/yeşil renk tonlarında seçimlerin tercih edilmesi önerilmiştir (Tofle ve ark., 2004).

Amerika'da yapılan bir araştırma projesi kapsamında hastalar ve ailelerinin hastanenin yapıları çevresi temel alınarak nasıl bir ortam istediklerine dair sekiz tema oluşturulmuştur. Katılımcıların istekleri doğrultusunda; kapalı mekânlarda doğadan manzaraları ortaya

Renk Kullanımının İnsan Psikolojisine Etkisi: Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi Örneği

çıkaran resimler ve imgeler dış dünyayla bağlantı kurmaya yarar, uzun süreli bakım gerektiren mekânlarda ev konforunun sağlanması, personelle bağlantının kolay olması, bekleme alanlarının çekici, canlı renklerle oluşturulması, yönlendirmenin görsel açıdan temiz, açık, algılanabilir oluşu, emniyetli güvenli ortamların oluşturulması istenmektedir. Uzun koridorlar, oturma elemanı eksikliği, uygunsuz işaretler ise sorun olarak gösterilmektedir. Hasta odalarında mekânın bütününde kullanılan güçlü renkler, baskı ve dikkat dağınıklığı yaratabilirken sınırlı bir alanda kullanılması uygun olabilir. Belirgin desenlerde kullanımı zor ve rahatsız edici bir görüntü oluşturur (Aktaş, 2012). Genel bir kural olarak, pastel renklerin gölgeleri gri alt tonlarının sağladığı huzur ve konsantrasyonu sağlayamaz. Ortamlar için seçilen renkler tanıyı olumsuz yönde etkileyebilir. Örneğin yeni doğan bebek servislerinde güçlü sarı renkler sarılık teşhisini engelleyebilir. Pediatri servislerinde sıcak tonların kullanılması mekânın cazip ve renkli hissettirilmesi çabaları hastalar, aileler, personel ve ziyaretçiler tarafından olumlu görülmektedir. Soğuk renkler (kısa dalga boyları, maviler vb.) dermatolojik bozukluğu olan hastalar açısından olumsuz olarak değerlendirilirken sıcak renkler (uzun dalga boyu, kırmızılar, sarılar vb.) astım hastalarını olumsuz etkilemektedir (Dalke ve ark., 2003, akt; Özata, 2018).

Yine Sungur Ergenoğlu ve Aytuğ (2007) "iyileştiren hastane" kavramını tartıştıkları çalışmalarında sağlık yapılarında renklerin iyileşme ve hastanede kalma süreçlerine olumlu ve önemli katkılar sunduğunu belirtmişlerdir. Şahiner Erbay ve Tufan (2022) ise Trabzon özelinde, devlet hastaneleri ile özel hastanelerin iç mekânlarında renk kullanımını ele alarak rengin işlevsel, estetik ve psikolojiye etkisini araştırdığı çalışmada; ele alınan hastanelerin giriş holleri, poliklinikleri, polikliniklere ait doktor odaları ile bilgilendirme ve uyarı levhaları rengin estetik, psikolojik ve işlevsel etkilerini değerlendirdikleri çalışmalarında renklerin bölümlere ve sağlık mekanlarındaki işlevsel özelliklere göre farklılaşması gerektiğini söylemiştir. Bu yaklaşımla da sağlık yapılarında renklerin her bir özellik ve hasta-tedavi süreçleri-çalışan fonksiyonları göz önüne alınarak dikkatlice kullanılması gerekir. Yapılacak bu çalışmada da Başakşehir Çam ve Sakura Şehir hastanesinde tercih edilen renkler ve bölümlere göre nasıl bir fonksiyon içerisinde olduğu analiz edilecektir.

MATERYAL VE YÖNTEM**Yöntem**

Bu araştırma betimsel tarama modelinde tasarlanmıştır. Tarama modelleri geçmişte ya da halen var olan bir durumu var olduğu şekilde betimlemeyi amaçlayan araştırma yaklaşımlarıdır. Araştırmaya konu olan olay, birey ya da nesne kendi koşulları içinde ve olduğu gibi tanımlanmaya çalışılır. Deneysel araştırmaların aksine onları herhangi bir şekilde değiştirme, etkileme çabası gösterilmez (Fraenkel ve Wallen, 2006). Bilinmek istenen şey vardır ve oradadır. Önemli olan onu uygun bir biçimde gözleyip belirleyebilmektir (Karasar, 2012). Yapılan bu çalışmada da Başakşehir Çam ve Sakura Şehir hastanesinde tercih edilen renkler ve bu renklerin bölümlere göre nasıl bir fonksiyon içerisinde olduğu analiz edilmiştir.

Çalışma Alanı

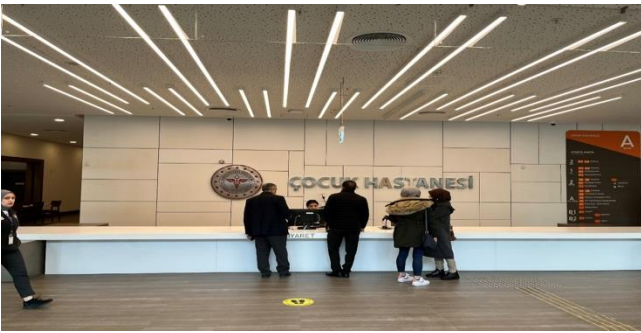
İstanbul Başakşehir Çam ve Sakura Şehir hastanesi özelinde yürütülen bu çalışma ile ilgili hastane yönetiminin bilgisi dahilinde araştırma kapsamındaki amaca yönelik yüklenici firmadan da gerekli destek alınmıştır. Araştırmada analiz edilen hastasne bölümleri ve renk karşılaştırılması literatürde sağlık yapılarının; ortak alan, tıbbi alan, özel alan ve geçiş alanı olarak ayrılabilir (Long vd., 2021) genellemesinden hareketle sınırlandırılmıştır. Bu nedenle bu çalışmada da ortak alanlar; giriş ve bekleme alanları; poliklinikler-doktor odaları, geçiş alanları; koridorlar ve destek alanları ve yatan hasta odaları olarak ele alınmıştır. Yapılan bu çalışmada renk kullanımına ilişkin yapılan analizler Başakşehir Çam ve Sakura Şehir hastanesinin "Giriş holleri ve koridorlar, Hasta odaları, Bekleme salonları, Poliklinikler ve Doktor odaları" ile sınırlandırılmıştır ayrıca yukarıda anılan sağlık yapı alanlarının her birinin kullanımı ile ilgili renk seçimlerine vurgu yapılmıştır. Araştırmada sınırlandırılmış bölümlerde kullanılan iç mekan mobilya renk uygulamaları da ayrıca değerlendirilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Başakşehir Çam ve Sakura Şehir hastanesi Covid-19 salgını sürecinde resmi açılışı öncesinde 20 Nisan 2020 tarihinde kısmen hizmet vermeye başlamakla birlikte tam kapasite olarak açılışı 21 Mayıs 2020 tarihinde açılmıştır. Toplam 107 branşta hizmet veren hastanede tam kapasiteye ulaşıldığında günlük 35 bin ayaktan hasta alınması planlanmıştır (URL-1, 2023).

Renk Kullanımının İnsan Psikolojisine Etkisi: Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi Örneği

Yapılan bu çalışmada Başakşehir Çam ve Sakura Şehir hastanesinde tercih edilen renklerin analizi yapılmaya çalışılmıştır. Yukarıda da bahsedildiği gibi sağlık yapıları; ortak alan, tıbbi alan, özel alan ve geçiş alanı olarak ayrılmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada da ortak alanlar; giriş ve bekleme alanları; poliklinikler-doktor odaları, geçiş alanları; koridorlar ve destek alanları ve yatan hasta odaları ve bu alanlarda tercih edilen renk analiz edilmeye çalışılmıştır. İç mekan tasarımlarının renk kullanımında temel etkenler görsel dokunsal ve işitsel faktörlerdir. Başakşehir Çam ve Sakura Şehir hastanesinde bu kriterlere uygun renk çalışmaları kullanılmıştır. Rengin mekan algısı üzerindeki etkileri oluşturan psikolojik ve fizyolojik etkenler bu alanda fazlaca rol oynamaktadır. Özellikle rengin psikolojik etkileri olarak bakıldığında oldukça olumlu verilerin tespitine varılmıştır. Başakşehir Çam ve Sakura Şehir hastanesi çocuk hastalıkları bölümü giriş ve bekleme alanını ele aldığımızda çocuklar için dikkat çekici renkler kullanılmış psikolojik açıdan rahatlatıcı hastane görünümü hissi vermeyen çocuklarda travma etkisi yaratmayacak unsurlar bir araya gelmiştir. Çocuk sağlığı ve hastalıkları bölümünde tasarım kriterleri göz önüne alınarak çocuk ergonomisine uygun malzeme ve mobilya döşemeler kullanılmıştır. Kullanılan mobilyalar çocuk psikolojisini uyarıcı, yeşil ve mavi gibi renklerin bir araya gelmesiyle dikkat çekicilik sağlamış ve diğer hastane mekanlarına göre fark atmıştır. Hastanede oluşturulan algı renklerin çocuklara hitap etmesi ve organik formlarla oluşan mobilyaların çocuklara farklı bir mekan hissi vermesi göz önünde tutulmuştur. Aşağıda çocuk hastanesi ile ilgili yukarıda anılan bölümlere ilişkin aşağıdaki şekillerde görüldüğü gibi fotoğraflara yer verilmiştir.



Şekil 1. Başakşehir Çam ve Sakura Hastanesi-Çocuk Hastanesi Giriş Bölümü (Karkaşlı, 2023)



Şekil 2. Başakşehir Çam ve Sakura Hastanesi-Çocuk Hastanesi Bekleme Salonu (Karkaşlı, 2023)

Yine Başakşehir Çam ve Sakura Şehir hastanesi genelinde hasta kayıt bölümlerinde, tavan ve duvar döşemesi olarak açık bej, bej, krem ve gri tonları seçilmiştir. Renk kombinasyonu olarak krem ve bejin uyumlu bir şekilde olduğu, tasarımda geometrik şekillerin özellikle dairesel çizgi formlarının uyumlu etkisi görülmektedir.

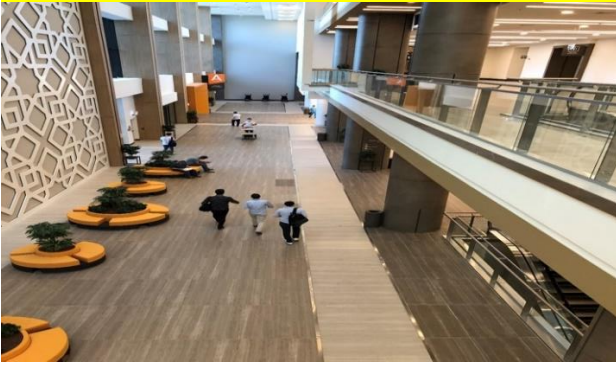


Şekil 3. Başakşehir Çam ve Sakura Hastanesi-Hasta Kayıt Kabul Bölümü(Karkaşlı, 2023)



Şekil 4. Başakşehir Çam ve Sakura Hastanesi-Hasta Destek Bölümü (Karkaşlı, 2023)

Renk Kullanımının İnsan Psikolojisine Etkisi: Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi Örneği



Şekil 5. Başakşehir Çam ve Sakura Hastanesi-Koridorlar A (Karkaşlı, 2023)

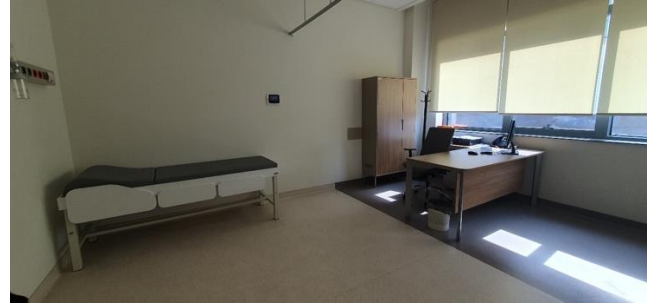


Şekil 6. Başakşehir Çam ve Sakura Hastanesi-Koridorlar B (Karkaşlı, 2023)

Başakşehir Çam ve Sakura Şehir hastanesinde koridorlarda genel dekorasyon öğeleri ile uyum sağlayan açık bej, bej, krem ve gri tonları seçilmiştir. Koridorlarda beklemeye ayrılan alanlarında koltukların altını özelleştirmek adına ahşap görünümlü pvc, döşeme malzemesi seramikler ise ahşap görünümlü seramik seçilmiştir. Ahşap görünümlü bu döşeme kaplamaları iç mimari konseptte kullanılan ahşap kaplamalar ile uyum sağlamaktadır.



Şekil 7. Başakşehir Çam ve Sakura Hastanesi-Doktor Odası A (Karkaşlı, 2023)



Şekil 8. Başakşehir Çam ve Sakura Hastanesi-Doktor Odası B (Karkaşlı, 2023)

Doktor odalarında da renk kombinasyonu olarak krem ve bejin uyumlu bir şekilde olduğu, özellikle heyecan yaratan ve duygusal düzenlemeler konusunda enerjisi yüksek olan kırmızı, sarı ve koyu renkler yerine pastel bir tarzda genel hastane renk kombinasyonları ile uyumlu renklere yer verilmiştir. Doktor masasını işaretleyen bölgede zemin renginde farklılaştırma oluşturularak yönlendirmede ve algıda farkındalık yaratılmaya çalışılmıştır.



Şekil 9. Başakşehir Çam ve Sakura Hastanesi-Hasta Odaları A (Karkaşlı, 2023)



Şekil 10. Başakşehir Çam ve Sakura Hastanesi-Hasta Odaları B (Karkaşlı, 2023)

Renk Kullanımının İnsan Psikolojisine Etkisi: Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi Örneği

Başakşehir Çam ve Sakura Şehir hastanesinde yatan hasta odalarında kırmızı gibi çok uyarıcı renk kullanımı ve kullanımından kaçınılmıştır. Renk seçiminde sıcak-soğuk ilişkisinin birlikte düşünüldüğü, renk tasarımının psikolojik etkisi içinde, sakin, güven verici ve dinlendirici, bej, krem ve turuncu renkler ile mobilyalarda daha soft ve mavi tonlarında enerji kaynaklı renk seçimlerine dikkat edildiği görülmektedir. Yine hasta odalarında insanların kendini evinde hissetmeleri için, ahşap kaplama yoğun olarak kullanılmıştır. Bunun yanı sıra pvc döşemede sıcak ton sarı renk hasta yatağı bölümlerinde yer döşemesinde sınırlayıcı ve belirleyici bir bölge oluşturarak, açık renk pvc ile birlikte kullanılmıştır. Duvarlarda duvar kağıdı ve yer yer gri renk kullanımı ile iç mekan zenginleştirilmeye çalışılmıştır.

Yukarıda İstanbul Başakşehir Çam ve Sakura Şehir hastanesinde seçilen renklerin ve kullanım alanları analiz edilmeye çalışılmıştır. Bütünlük göstermesi açısından aşağıda hastanede seçilen mekan ve renk ilişkisi ayrıca tablo halinde verilmeye çalışılmıştır.

Tablo 1. İstanbul Başakşehir Çam Ve Sakura Şehir Hastanesinde Seçilen Renk Ve Mekan Karşılaştırması

| Mekan | Renkler |
|-------------------|------------------------------|
| Giriş-Hasta Kayıt | Beyaz, Gri, Bej, Kahverengi |
| Bekleme Salonları | Beyaz, Gri, Bej |
| Koridorlar | Beyaz, Kahverengi, Krem, Bej |
| Doktor Odaları | Beyaz, Krem, Bej |
| Hasta Odaları | Beyaz, Krem, Turuncu, Gri |

Yukarıda da ifade edildiği gibi hastane genelinde renk seçiminde sıcak-soğuk ilişkisinin birlikte düşünüldüğü, renk tasarımının psikolojik etkisi içinde, sakin, güven verici ve dinlendirici, bej, krem ve turuncu renkler ile mobilyalarda daha soft ve mavi tonlarında enerji kaynaklı renk seçimlerine dikkat edildiği görülmektedir. Özellikle krem ve bej tonlarının hastane genelinde tercih edilmesi ile sosyal denge, huzur ve rahatlığın hastane geneline hakim olmasının istenildiği görülmektedir.

SONUÇ

İstanbul Başakşehir Çam ve Sakura Şehir hastanesinde seçilen renklerin ve kullanım alanlarının analiz edildiği bu çalışmada; giriş ve bekleme salonları, doktor odaları ve poliklinikler, renk seçiminde sıcak-soğuk ilişkisinin birlikte düşünüldüğü, renk tasarımının psikolojik etkisi içinde, sakin, güven verici

ve dinlendirici, bej, krem ve turuncu renkler ile mobilyalarda daha soft ve mavi tonlarında enerji kaynaklı renk seçimlerine dikkat edildiği görülmektedir.

Giriş, bekleme salonları ve hastane içinde yer alan hasta destek ofislerinde bej, krem ve beyaz renkleri tercih edilmiştir. Kullanılan bu renkler, geniş ve açık bir giriş holü algısını daha da derinleştirmektedir. Duvar yüzeylerinin tek ton (beyaz ve bej) olması dikkat çekmektedir. Bekleme salonundaki donatılarda sıcak ve soğuk renkler bir arada kullanılmıştır. İbili (2018) bekleme salonları ve giriş bölümleri ile ilgili yaptığı tespitlere göre; giriş bölümlerinin, hem gelen hastaların sağlık sorunlarının giderileceğine yönelik ilk intibalarının oluşmasında, kuruma güven duymalarında, hem de mesaiye gelen çalışanların motive ve konsantre olmalarında sağlık binasının giriş bölümündeki renk tasarımı etkili rol oynamaktadır. Bu açıdan beyaz, açık yeşil ve turkuaz gibi güven ve huzur verici renklerle vurgulanmış duvar ve sütun fon renklerinin tasarımının yapılması gerektiğini belirtmiştir. Elde edilen bulgularda anılan renk ve tasarımlar açısından benzerlik gösterdiği söylenebilir.

Yatan hasta odaları, sağlık mekanlarında kullanılan renk seçimlerinde belki de en önemli konudur. Bu konuda renk tercihlerinin hastaların yatış süreleri, iyileşme süre ve süreçleri ile yakından ilişkili olduğunu gösterir pek çok bilimsel çalışma bulunmaktadır. Diğer bir önemli nokta ise hasta yakınlarının konforları ile ilgilidir. İstanbul Başakşehir Çam ve Sakura Hastanesinde hasta odalarının tasarımında; bej, krem ve turuncu renkler ile mobilyalarda daha soft ve mavi tonlarında enerji kaynaklı renk seçimlerine dikkat edildiği görülmektedir. Yine hasta odalarında hastaların kendini evinde hissetmeleri için, ahşap kaplama yoğun olarak kullanılmıştır. Bunun yanı sıra pvc döşemede sıcak ton sarı renk, açık renk pvc ile birlikte kullanılmıştır. Duvarlarda duvar kağıdı ve yer yer gri renk kullanımı ile iç mekan zenginleştirilmeye çalışılmıştır. Tuncay (2006) ve Köseoğlu ve Çelikkayalar (2016), hasta odalarında düşük kontrastlar ile açık ve orta parlaklık düzeyindeki renklerle tasarım süreçlerinin devam ettirilmesi sağlık yapıları açısından etkili olacağını beyaz ve soft renklerin tercih edilmesinin yatan hasta ve yakınlarının psikolojik iyi oluşlarına etki edeceğini belirtmiştir.

İbili (2018) sağlık çalışanlarının görevlerini etkin olarak yerine getirebilmeleri için kendilerinin de hasta ve refakatçiler gibi psikolojik ve fizyolojik olarak iyi ve yeterli durumda olmaları, yapacakları muayene, teşhis ve tedaviler esnasında renk unsurlarının yaratacağı olumlu etkilerden istifade etmelerinin önemli olduğunu belirtmiş ve doktor odaları ile çalışma ofislerinde

Renk Kullanımının İnsan Psikolojisine Etkisi: Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi Örneği

çalışmaya teşvik olması ve sıkıcılığın giderilmesi için genel olarak soğuk renkler kullanmanın önemine değinmiştir. Ve daha çok yeşilin ve mavinin orta ve açık tonları bunun için idealdir şeklinde bir yoruma gitmiştir. İstanbul Başakşehir Çam ve Sakura hastanesinde doktor odalarında soft renkler kullanılmakla birlikte bej ve beyaz rengin tercih edildiği görülmüştür.

İstanbul Başakşehir Çam ve Sakura hastanesinde renk tercihinin analiz edildiği bu araştırma sonuçlarına dayalı olarak; hastanelerde renk tasarımı, işlevsel olmasının yanında estetik açıdan gereklidir ve renk tercihleri kullanıcı profiline göre (çocuk, yetişkin, yaşlı, onkoloji hastası, vb.) polikliniklerde değişiklik göstermelidir. Yapılan bu çalışmada hastane genelinde birkaç rengin baskın olarak kullanıldığı tespit edilmiştir. Ancak hasta ve hastane çalışanları ile kurgulanacak çalışma özelinde renk tercihlerinin işlevselliği belirlenebilir. Ayrıca hastanelerde kullanılan mobilya renkleri ve hastane genelinde kullanılan renklerin uyum ve birlikteliğini konu alan yeni çalışmalar tasarlanabilir.

KAYNAKLAR

- Aktaş, K. O. (2021). Hacettepe Hastanesi Plastik, Rekonstrüktif Ve Estetik (Pre) Cerrahi Anabilim Dalı Kliniği Muayene Odalarında Mekansal Algı. *Sanat Yazıları*, 45. Sayı, 427-444.
- Aytuğ, A. ve Sungur Ergenoğlu, A. (2007). Sağlık Kurumlarında Değişen Paradigmalar ve İyileştiren Hastane Kavramının Mimari Tasarım Açısından İrdelenmesi. *MEGARON*, vol.2, no.1, 44-63.
- Chen, L. (2013). Color application in hospital landscape design, *Journal of Landscape Research*; Cranston 5(3), 43-44.
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E.(2003). How to Design and Evaluate Research in Education. Mc Graw Hill Companies: New York.
- İbili, Ş.G. (2018). Sağlık Yapılarında İç Mekan Tasarımına Yönelik Renk Etkileri (Yüksek Lisans Tezi). KTO Karatay Üniversitesi, Konya.
- İpek, B., (2014), Çocuklardaki Yalnızlık Duygusunun Resimlerinde Kullandıkları Renklere Yansıması, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü , Yüksek Lisans Tezi.
- Karakaşlı, M. (2023). Başakşehir Çam ve Sakura Hastanesi Kişisel Fotoğraf Arşivi.
- Karasar, N. (2011). Bilimsel Araştırma Yöntemi. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Köseoğlu, E. ve Çelikkayalar, E. (2016). Yapılı Çevrede Renk Tercihleri, Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi (MBUD), 1, 57-65.
- Long, R., Shang, X., Cao, H. And Li, J. (2021). Emotional Experience Design of Medical Working Space Based on Color Semantics. *Advances in Industrial Design, AHFE 2021, Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 260.
- Nikolic, O. & Nikolic, V. (2012). The application of color in the hospital interior. IV МЕЂУНАРОДНИ СИМПОЗИЈУМ АРХИТЕКТУРЕ И ЗАШТИТЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ.
- Özata, A. C. (2018). Yapı biyolojisi kapsamında hasta odalarının incelenmesi. Akdeniz Üniversitesi Yayınlanmamış Yüksek lisans tezi.
- Özdemir, A. ve Çelik Cengiz, M. (2018). Kullanıcı Tercihlerine Göre Hastane Çevresi İyileştirme Tasarımı Önerisi; ADSM Kıbrıs Şehirleri Polikliniği, Denizli . Bartın Orman Fakültesi Dergisi , 20 (3) , 388-401 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/barofd/issue/38873/431372>
- Scaglione, M. (2010). The representation of colours in contemporary architecture: Contemporary architects/designers drawings. *Colour and Light in Architecture, First International Conference 2010 Proceedings*, 426-431.
- Şahiner Tufan, Ayşe & Erbay, Muteber. (2022). Hastane İç Mekânlarında Renk Kullanımı Üzerine Bir Araştırma: Trabzon Örneği. *Yakın Mimarlık Dergisi*. 6. 10.32955/neujna202262560.
- Mahnke, F. (1996). Colour, environment, human response. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Tofle, R.R., Schwarz, B., Yoon, S-Y., & Maz-Royale, A. (2004). Color In Healthcare Environments. The Coalition for Health Environments Research (CHER)
- Tuncay, S. (2006). Mimarlık ve renk kavramı. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Psikoloji Anabilim Dalı, İstanbul.
- URL-1, 2023, <https://www.saglik.gov.tr/TR,65638/basakshir-cam-ve-sakura-sehir-hastanesi-hizmete-acildi.html>
- Zraati, P. (2012). Colour consideration for waiting areas in hospitals. *International Journal of Advancements in Research & Technology*, 1(3), 1-5.

Gofret Tipi Dondurma Külahlarının Bazı Kalite Özellikleri

Hülya GÜL ^{1*}, Bedia ŞİMŞEK ¹, Fatma HAYIT ², Burcu UĞUR ¹

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye
²Yozgat Bozok Üniversitesi, Turizm Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü Yozgat, Türkiye

Geliş Tarihi (Received): 13.07.2023, Kabul Tarihi (Accepted): 15.09.2023

✉ Sorumlu Yazar (Corresponding author*): hulyagul@sdu.edu.tr

☎ +90 246 2118044 📠 +90 240 2110859

ÖZ

Kalite, günümüzün rekabetçi dünyasında çok hayati bir role sahiptir. Yüksek rekabet ortamında hayatta kalabilmek için ürün çeşitliliğini ve kalitesini artırmak her şirket için bir zorunluluk haline gelmiştir. Son yıllarda, dondurmanın sunum şekillerinin gelişmesi ile dondurma külahlarının kalitesi, görselliği ve fonksiyonel özellikleri önemli hale gelmiştir. Bu çalışmanın amacı; gofret tipi dondurma külahlarının bazı fiziksel, kimyasal, tekstürel, mikrobiyolojik ve duyuşal özelliklerini belirlemektir. Bu amaçla Aydın ve İzmir olmak üzere iki ayrı ilden, 16 adet dondurma külahı numunesi dondurma satışı yapan yerlerden temin edilmiştir. Dondurma külahlarının ortalama nem, kül ve su aktivitesi değerleri sırası ile; %6.72, %1.18 ve 0.37 olarak bulunmuştur. Dondurma külahlarının boylarının 90.48-130.44 mm, çaplarının 43.26-53.22 mm, kalınlıklarının ise 4.51-8.76 mm arasında değiştiği saptanmıştır. Aydın ve İzmir illerinden toplanan dondurma külahlarının renk (L^* , a^* , b^*) ve sertlik değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir. Dondurma külahı örneklerinde *E.coli* tespit edilmezken, koliform grubu mikroorganizmalar ile maya ve küf miktarı Aydın iline ait örneklerde İzmir ilinden daha yüksek oranda bulunmuştur. Duyuşal analizler sonucu tüketicilerin tercihleri genel kabul edilebilirlik düzeyi açısından benzer olarak ($p > 0.05$) belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sunum şekli, dondurma, külah, tekstür, standardizasyon

Some Quality Characteristics of Wafer Type Ice Cream Cones

ABSTRACT

Quality has a very vital role in today's competitive world. It has become a necessity for every company to increase product variety and quality in order to survive in a highly competitive environment. In recent years, the quality, visual, and functional properties of ice cream cones have become important with the development of ice cream presentation methods. The aim of this study is to determine some physical, chemical, textural, microbiological, and sensory properties of wafer-type ice cream cones (WTIC). For this purpose, 16 WTIC samples were obtained from ice cream shops in two different cities, Aydın and İzmir. The average moisture, ash, and water activity values of the WTIC were found to be 6.72%, 1.18%, and 0.37%, respectively. It was determined that the lengths of the WTIC ranged between 90.48 and 130.44 mm, their diameters varied between 43.26-53.22 mm, and their thicknesses varied between 4.51 and 8.76 mm. No statistically significant difference was found between the color (L^* , a^* , and b^*) and hardness values of the WTIC collected from Aydın and İzmir. While *E.coli* was not detected in WTIC, coliform group microorganisms and yeast mold were found at higher rates in samples from Aydın. As a result of the sensory analysis, the preferences of the consumers were determined to be similar in terms of general acceptability.

Keywords: Presentation style, ice cream, ice cream cone, texture, standardization

Hülya GÜL, <https://orcid.org/0000-0002-6791-817X>
Bedia ŞİMŞEK, <https://orcid.org/0000-0002-7497-1542>
Fatma HAYIT, <https://orcid.org/0000-0003-0097-406X>
Burcu UĞUR, <https://orcid.org/0009-0007-3043-7667>

Gofret Tipi Dondurma Külâhlarının Bazı Kalite Özellikleri

GİRİŞ

Dondurma, süt, krema, şeker, stabilizatörler ve emülgatörlerin kısmen dondurulmuş bir karışımıdır (Cook ve Hartel, 2010). İlk dondurma örneklerine tarihte Büyük İskender döneminde rastlandığı bildirilmiştir. Farklı literatür ve hikayelere dayanarak da Uzakdoğu'da Moğolların şekerli süte kar veya buz ilave ettikleri ile ilgili bazı bilgilere rastlanmaktadır. Dondurmanın ilk bulunduğu günden günümüze kadar farklı kültürlerde, coğrafya ve iklimlerde farklı türleri ortaya çıkmış ve zamanla sanayi içinde bugünkü şeklini kazanmıştır (Öztürk ve Yaman 2019). Dondurma, dünyanın batı yarısında, Marco Polo'nun on üçüncü yüzyılda Uzak Doğu Asya'dan su buzunu tarifleri getirmesiyle ortaya çıkmıştır (Cook ve Hartel, 2010). Zaman içinde üretim teknolojilerinde, ürün çeşitliliğinde, ambalaj şekillerinde ve kalite unsurlarında önemli gelişmeler yaşanmıştır (Tirpude ve ark., 2020).

Külâhlar çoğunlukla dondurmanın tek servislik ambalajına alternatif olarak kullanılırlar. Kaşık veya herhangi bir kap olmadan dondurmanın tüketilmesini olanaklı kılan dondurma külâhı, çeşitli şekillerde olmakla birlikte içeriği tutmak için genellikle koni şekli verilmiş tek servislik bir gofret çeşididir. Dondurma külâhı, gofret bazlı birçok gıda türünden sadece bir tanesidir. İlk üretildiği tarihten bu yana, dondurmanın tamamlayıcısı bir lezzet olarak önemli bir yere sahip olmuştur. Dondurma külâhını, Italo Marchiony 1800'lü yılların sonlarında New York'ta icat etmiştir. 1896 yılında ilk ticari üretimi gerçekleştirilerek, 1903'te de patentini almıştır (Tirpude ve ark., 2020).

Gofret; sulu hamurun iki sıcak plaka arasında pişirilmesiyle üretilen hafif, ince ve gevrek bir üründür (Tiefenbacher, 2017). Gofret yaprağı TS 7474 nolu gofret standardında "Buğday unu, içme suyu ve gerektiğinde şeker, tuz ve yemeklik bitkisel yağ karışımına, dolgu maddelerinden bir veya birkaçının ilâvesiyle hazırlanan hamurun, teknolojisine uygun olarak pişirilmesi ile elde edilen, gevrek ve gözenekli yapıda ürün" olarak tanımlanmıştır (TSE, 2016).

Dondurma külâhı üretiminde genellikle buğday unu kullanılmakla birlikte alternatif olarak sorgum (Kigozi ve ark., 2011; Kigozi ve ark., 2013), mısır unu (Ris-mawati ve ark., 2020) gibi diğer tahıl unlarının kullanılmasına yönelik çalışmalar da mevcuttur. Bununla birlikte dondurma külâhlarının fonksiyonel özelliklerini arttırabilmek amacıyla keçiyoynuzu pekmezi posası (Özdemir ve ark., 2022) gibi farklı katkıların ilave edildiği çalışmalar da vardır. Çölyak hastaları ya da gluten intoleransı olan tüketiciler için glutensiz dondurma külâhı üretimi de yapılmaktadır. Daniel ve Dodd (2010)

buğday ununa alternatif olarak kahverengi pirinç unu ile glutensiz waffle tipi dondurma külâhı üretimi, Gül ve ark (2019) ise beyaz dut unu ile zenginleştirilmiş glutensiz külâh üretimi üzerine araştırmalar yapmışlardır.

Gofret, formülasyon ve işleme gereksinimleri bakımından diğer tahıl temelli ürünlerden önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Unlu mamullerin çoğunun aksine gofretler %63-66 nem oranına sahip akışkan bir hamurdan üretilirler. Hamurun sıvı olması, pişirme plakaları üzerine homojen şekilde yayılması ve pişen gofret yaprağının tekdüze bir doku ve renge sahip olması için gereklidir. Gofret formülasyonunun başlıca bileşenleri buğday unu, su ve şekerdir (Oliver ve Sahi, 1995; Tiefenbacher, 2017; Tufan, 2018). Gofret yaprağı ve gofret tipi külâhların üretiminde plakadan (kalıptan) ayrılmayı kolaylaştırmak amacıyla çok az miktarda katı veya sıvı yağ kullanılır. Kullanılan yağ miktarı ve kalitesi hem üretim kolaylığı hem de son ürünün depolama stabilitesini belirler (Tiefenbacher, 2017). Sade gofretler genellikle tatsız ve başka bir malzeme için taşıyıcı görevi gördükleri için nadiren tüketilmektedir (Manley, 2011). Ancak dondurma külâhları, içerisine konulan dondurmanın tat ve lezzetinin daha iyi algılanabilmesi amacıyla genellikle sade olarak üretilmektedirler. Külâh gofretinin bileşimi, dokusu, aroması ve gevrekliği tüketicinin tercihinde rol oynayan başlıca faktörlerdir.

Dondurma külâhları sarma kornet (waffle) ya da gofret (wafer) şeklinde üretilmektedir. Gofret tipi dondurma külâhlarının yapımında hazırlanan gofret hamuru otomatik külâh makinalarının kalıpları içerisine pompalandıktan sonra üst kalıptaki konik şekilli kalıplar ile birkaç defa içerisine girmek suretiyle şekil verilmekte ve iki metal kalıp arasında 1-1.5 dakika gibi kısa bir süre pişirme işlemi yapılarak dondurma külâhları hazır hale gelmektedir.

Bu çalışmada gofret şeklinde otomatik gofret makineleri kullanılarak üretilen dondurma külâhı çeşitleri ele alınmıştır. Bu kapsamda Aydın ve İzmir illerinde satılmakta olan dondurmaların sunumu ve tüketimi sırasında kullanılan gofret tipi külâhların bazı fiziksel, kimyasal, tekstürel ve duyuşsal özellikleri incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Aydın ve İzmir illerinde dondurma külâhı üretimi yapan firmaların sınırlı sayıda olmaları nedeniyle örnek, şekil ve üretici firma benzerliğinden mümkün olduğunca ka-

Gofret Tipi Dondurma Külâhlarının Bazı Kalite Özellikleri

çınılmış ve fazla sayıda, farklı özellikte örnek toplanması hedeflenmiştir. Ancak piyasadan toplanan benzer özellikteki külâhlar elemine edildiğinden örnek sayısı da sınırlı kalmıştır. Bu çalışmada amaç bir piyasa taramasından çok farklı şekil ve büyüklükteki örneklerin değerlendirilmesi yönündedir. Örnek toplama düzeni de bu konu dikkate alınarak yapılmıştır. Aydın ilinden 8 adet, İzmir ilinden 8 adet olmak üzere toplam 16 adet gofret tipi dondurma külâhı (Şekil 1) rastgele seçilmiş dondurma üreticilerinden alınmıştır. Her bir

üründen 10 adet alınarak analizleri gerçekleştirilmiştir. Örnekler alınırken mikrobiyolojik örnek alma kurallarına göre alınmışlar ve laboratuvara getirilinceye kadar steril kaplarda muhafaza edilmişlerdir. Örnekler, analiz edilinceye kadar laboratuvarında 5° C'de nem çekmeyecek şekilde vakumlanarak plastik torbalar içerisinde muhafaza edilmiştir.



Şekil 1. Aydın ilinden (sol) ve İzmir ilinden (sağ) toplanan gofret tipi dondurma külâhı örnekleri

Yöntem

Kimyasal, fiziksel ve tekstürel analizler

Dondurma külâh örnekleri steril porselen havanda öğütülerek homojen hale getirildikten sonra nem (AACC 44-01.01,2000) kül (AACC 08-01.01,2000) ve su aktivitesi değerleri (Novasina LabMaster, İsviçre) belirlenmiştir. Dondurma külâhlarının boy, kalınlık ve çap ölçümleri için dijital kumpas aleti kullanılmıştır. Numunelerin renk değerleri Minolta CR 410 (Osaka, Japonya) renk tayin cihazı ile saptanmıştır. Renk yoğunluklarının ölçümü ve sonuçların değerlendirilmesi Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIELAB; Comision Internationale de l'Eclairage) formülüne göre yapılmıştır. Bu formül üç boyutlu renk ölçümü esas alınmakta olup, Y eksenindeki L^* ; 0=siyahtan, 100=beyaza kadar olan örneğin açıklık-koyuluk, X eksenindeki a^* ; yeşil-kırmızı, Z eksenindeki b^* ; sarı-mavi renk boyutunu veya rengini göstermektedir (Cemeroğlu, 2010). Külâh örneklerinin tekstür analizi tekstür analiz cihazında üç nokta bükme probu kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Mikrobiyolojik Analizler

Aseptik koşullar altında külâh örneğinden 10 g alınarak 90 mL steril ringer (1/10) çözeltisi (Biokar diagnostics, BR00108, Ringer's solution 1/4 strenght) içine aseptik

ortamda ilave edilmiştir. Bu seyreltmeden aseptik ortamda 1 mL alınıp 9 mL steril ringer çözeltisi içine aktarılmış ve dilüsyon serisi hazırlanmıştır. İnkübasyondan sonra petri plaklarında gelişen 30-300 arası koloniler sayılmıştır. Sayım sonuçları, ilgili dilüsyon faktörü hesaplanarak ve koloni oluşturan birimin logaritması alınarak log kob/g olarak ifade edilmiştir. Koliform içeriğinin belirlenmesinde Eosin Methylene-Blue Agar (EMB Agar) kullanılmış ve 37 °C'de 24 saat inkübasyona bırakılarak sayım yapılmıştır (Halkman, 2005). Örnekler Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri sayımı için Plate Count Agar (PCA)'da 30 °C'de 48 saat inkübe edilerek sayımları gerçekleştirilmiştir (Anonymous, 1998). Maya ve küf sayımı için Potato Dextrose Agar (PDA) kullanılmıştır. Besiyerleri 25 °C'de 5 gün inkübasyona bırakılmıştır (Halkman, 2005).

Duyusal Analizler

Dondurma külâh örneklerinin duyusal analizi 20-50 yaş aralığının da kadın ve erkek sayısı eşit olacak şekilde seçilen panelistler tarafından yapılmıştır. Parametreler bakımından değerlendirmelerde 1'den 9'a (1:Beğenmedim, 9:Çok beğendim) kadar skala kullanılmıştır (Lawless and Heymann, 2010). Panelistler külâh rengi, külâh üzerindeki desen, ağızda dağılma, çiğnenabilirlik, kırılgnalık, sertlik, koku, şekerli tat, acı tat özellikleri üzerinde değerlendirmeler yapmışlardır.

Gofret Tipi Dondurma Külahlarının Bazı Kalite Özellikleri

İstatiksel Analizler

Dondurma külahlarının istatistiksel farklılıkları SPSS (16.0) ANOVA programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Örneklerin karşılaştırmalarında t testinden yararlanılmıştır (Düzgüneş ve ark 1987).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Dondurma külahı örneklerinin bazı kimyasal özellikleri

Külah örneklerine ait istatistiksel nem, kül, su aktivitesi, boy, kalınlık ve çap değerlerine ait ortalama değerler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Gofret tipi dondurma külahlarının bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri

| Dondurma Külahı Örnekleri | Nem (%) | Kül (%) | Su aktivitesi | Boy (mm) | Kalınlık (mm) | Çap (mm) |
|---------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------|------------------------|-------------------------|
| A1 | 5.929 | 1.044 | 0.37 | 127.93 | 6.48 | 46.04 |
| A2 | 7.355 | 1.022 | 0.36 | 125.26 | 6.14 | 45.64 |
| A3 | 6.096 | 1.202 | 0.37 | 121.13 | 8.76 | 45.26 |
| A4 | 6.740 | 0.959 | 0.37 | 121.22 | 8.49 | 44.68 |
| A5 | 6.505 | 0.679 | 0.37 | 124.85 | 6.04 | 45.39 |
| A6 | 6.714 | 0.810 | 0.37 | 90.48 | 8.23 | 45.82 |
| A7 | 6.623 | 1.161 | 0.35 | 121.23 | 6.04 | 46.12 |
| A8 | 6.248 | 0.926 | 0.34 | 125.09 | 6.02 | 46.26 |
| A Grubu Ortalama* | 6.52±0.44 ^a | 0.97±0.17 ^a | 0.36±0.01 ^b | 119.65±12.04 ^a | 7.02±1.23 ^a | 45.65±0.52 ^a |
| B1 | 5.765 | 1.361 | 0.39 | 130.44 | 6.02 | 46.09 |
| B2 | 7.131 | 1.594 | 0.38 | 126.17 | 6.33 | 46.04 |
| B3 | 8.852 | 0.418 | 0.38 | 127.19 | 5.48 | 45.04 |
| B4 | 7.897 | 1.305 | 0.38 | 90.63 | 8.51 | 53.22 |
| B5 | 6.467 | 0.893 | 0.38 | 127.00 | 4.81 | 44.91 |
| B6 | 6.710 | 1.376 | 0.38 | 122.49 | 6.21 | 46.27 |
| B7 | 6.083 | 0.788 | 0.36 | 123.44 | 8.58 | 43.26 |
| B8 | 6.417 | 1.467 | 0.38 | 124.18 | 5.15 | 45.48 |
| B Grubu Ortalama* | 6.91±1.01 ^a | 1.15±0.40 ^a | 0.38±0.01 ^a | 121.44±12.70 ^a | 6.38±1.42 ^a | 46.29±2.96 ^a |
| Genel Ort. | 6.72±0.76 | 1.06±0.30 | 0.37±0.01 | 120.54±11.61 | 6.71±1.29 | 45.97±2.02 |

* a-b Farklı harfler P<0.05 seviyesinde iller arasında istatistiksel fark bulunduğunu göstermektedir.

A: Aydın B: İzmir ilinden temin edilen gofret tipi dondurma külahı örnekleri

Külahlar arasındaki nem değerleri farkı istatistiksel olarak önemli bulunmamış olup külahların genel nem değeri ortalaması %6.72 olarak saptanmıştır (Tablo 1). TSE'nin TS 7474 (TSE, 2016) no'lu gofret standardına göre sade gofretlerin nem içeriklerinin en çok %6 (m/ml) olması gerektiği bildirilmiştir. Buna göre Aydın ve İzmir illerinden toplanan birer (A1 ve B1) adet dondurma külahının nem değeri bakımından standarda uygun olduğu söylenebilir. Aydın ilinden alınan bir adet örnek % 7.355 (A2), İzmir ilinden alınan bir başka örnek ise %8.852 (B3) ile en yüksek nem değerini vermişlerdir.

Toka (2020) ahududu, frenk üzümü ve berry miksi kullanarak ürettiği gofret yapraklarında sırasıyla kuru madde oranını %96.99, %97.06 ve %97.01 bulunduğunu belirtmiştir. Rismawati ve ark (2020) %100 mısır unu kullanılarak ürettikleri dondurma külahlarının neminin %3.52, %75 mısır unu-%25 buğday unu karışımı ile ürettikleri dondurma külahlarının nem değerinin ise %4.88 olduğunu rapor etmişlerdir. Glutensiz külah üretimi üzerine yapılan bir çalışmada ise buğday unu ile

yapılan kontrol grubu külahların nem değeri %8.25 olarak belirlenmiştir (Gül ve ark, 2019).

Gofret hamuru sıvı kıvamda bir hamur olmasına rağmen pişme sonrası ürünün mümkün olduğunca düşük nemli olması istenir. Piyasadan temin edilen dondurma külahlarının gerek gofret standardında (TS 7474, TSE 2016) gerekse literatürdeki çalışmalara göre daha yüksek nem değerine sahip olmalarının nedeni genellikle dondurma satışı yapılan yerlerde açıkta bekletilmeleri ya da serin ve kuru yerde muhafaza edilmemelerinden kaynaklanmış olabilir. Nitekim, örneklerin toplandığı yaz aylarında Aydın ve İzmir illerindeki hava nem oranı da oldukça yüksek olmaktadır. Dondurma külahlarının gevrek ve çıtır bir yapıda olması istenir. Test edilen örneklerde olduğu gibi yüksek nem içeriği dondurma külahlarının yeme kalitesinin azalmasına neden olmaktadır.

Kül içerikleri Aydın ilinden toplanan örneklerde ortalama %0.97, İzmir ilinden toplanan örneklerde %1.15

Gofret Tipi Dondurma Külâhlarının Bazı Kalite Özellikleri

olarak bulunmuştur (Tablo 1). Bilindiği üzere son ürünün kül miktarı üretiminde kullanılan unun kül içeriği ile doğrusal bir ilişki içerisindedir.

Külâhların iki farklı ildeki ortalama su aktivitesi değeri 0.37 olarak belirlenmiştir. Toka (2020) bitki ekstraktları ile üretilen gofretlerde su aktivitesi değerini 0.37-0.47 aralığında saptamıştır.

Dondurma külâhı örneklerinin bazı fiziksel özellikleri

Dondurma külâhlarının ortalama boy, kalınlık ve çap değerleri sırasıyla; 120.54 mm, 6.71mm ve 45.97 mm olarak tespit edilmiştir (Tablo 1). Aydın ilinden toplanan dondurma külâhlarının boy uzunlukları ortalama 119.65 mm iken İzmir ilinden temin edilen örneklerde bu değer ortalama 121.44 mm olarak ölçülmüştür. Aydın ilinden temin edilen A6 numaralı örnek ile İzmir ilinden temin edilen B4 numaralı örnekler boy uzunluklarının diğerlerine göre daha kısa olmaları (yaklaşık 90 mm) ile dikkat çekmişlerdir. Bu boy farkı Şekil 1'den de net bir şekilde görülebilmektedir. Dondurma külâhlarının farklı boylarda olmasının nedeni üretimlerinde kullanılan dondurma külâhı makinalarında farklı kalıpların kullanılması ile çok çeşitli ebatlarda ve desenlerde dondurma külâhı üretiminin mümkün olmasıdır. Yetişkin tüketiciler için el ile kolayca kavranabilmesi açısından tutma yerinin daha uzun olması tercih edilirken tutma yeri daha kısa olan külâhlar çocuk tüketiciler için daha uygundur. Ayrıca üretici firma için külâh üretim maliyeti de azalmaktadır.

Farklı illerden temin edilen dondurma külâhlarının kalınlık değerlerinin 4.81-8.76 mm arasında değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. Literatür ile karşılaştırıldığı zaman analiz edilen dondurma külâhlarının kalınlıklarının daha fazla olduğu görülmüştür. Örneğin Ris-mawati ve ark. (2020) buğday ununu farklı oranlarda mısır unu ile ikame ederek ürettikleri dondurma külâhlarının kalınlık değerlerinin ortalama 2.51 mm ile 3.24 mm arasında olduğunu bildirmişlerdir. İzmir ve Aydın illerinde dondurma satışında kullanılan külâhların kalınlıklarının farklı olmasının nedeni üretimlerinde kullanılan gofret hamurunun yoğunluğunun farklı olmasından, külâh üretim makinasının erkek ve dişi kalıpları arasındaki boşluğun değişken olmasından ya da gofret üretimi sırasında uygulanan süre ve sıcaklığın farklı olmasından kaynaklanmış olabilir.

Dondurma külâhı örneklerinin renk değerleri

Gofret tipi dondurma külâh örneklerinin renk parametrelerine (L^* , a^* ve b^*) ilişkin ortalama değerler Tablo

2'de verilmiştir. Aydın ve İzmir ilinden toplanan örneklerin L^* değeri sırasıyla ortalama 34.50 ve 34.75 olarak belirlenmiştir. Özdemir ve ark. (2022) buğday unu ile ürettikleri dondurma külâhlarının L^* değerini 56.94 olarak belirlemişlerdir. Dondurma külâhları arasında L^* değeri bakımından farklılıkların bulunmasının nedeni; gofret renginin hamur formülasyonundan (nem içeriği, indirgeyici karbonhidratların ve serbest amino asitlerin miktarı) ve pişirme koşullarından (süre ve sıcaklık) etkilenmesidir (Naderi ve ark., 2023). Dondurma külâhı üretiminde kullanılan hamurun bileşimdeki şeker ne kadar fazla olursa pişirme sırasında gerçekleşen kah-verengileşme reaksiyonları da o kadar fazla olmaktadır. Buna dayanarak L^* değeri düşük olan yani rengi daha koyu olan örneklerin gofret hamurlarında daha fazla şeker bulunduğunu söylemek mümkündür. Ancak Aydın ve İzmir illeri dondurma külâhlarının L^* değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığı için hamurlarında kullanılan şeker miktarının da ortalama olarak aynı düzeylerde olduğu sonucuna ulaşılabılır. Dondurma külâhı renklerinin farklı olmasının diğer nedenleri ise üretimlerinde kullanılan unun kül içeriğinin farklı olması veya pişirme aşamasında uygulanan sıcaklık ve sürelerin farklı olması olabilir.

Kırmızılık (a^*) ve sarılık (b^*) değeri genel ortalaması sırasıyla 3.69 ve 8.62 olarak bulunmuştur. Mert (2014) farklı un gruplarını ve karışımlarını gofret üretiminde denediği çalışmada gofret üretiminde kullanılan un renginin gofret renkleri üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkiye sahip olduğunu bildirmiştir. Ayrıca kestane unundaki şeker içeriğinin yüksek olmasının esmerleşme nedeniyle daha yüksek L^* ve a^* değerleri oluşmasında etkili olabileceğini belirtmiştir. Pirinç ve buğday unu ile üretilen gofretlerin a^* değerinin diğerlerinden daha düşük sonuçlar verdiği de belirtilmiştir. Farklı bitki ekstraktları ile gofret üretimi yapılan bir araştırmada (Toka 2020); b^* değeri en düşük siyah havuçla üretilen gofretlerde (20.52), en yüksek ise ahududu (30.16) ile üretilen gofret örneklerinde tespit edilmiştir.

Dondurma külâhı örneklerinin tekstür değerleri

Dondurma külâhı örneklerinin ortalama sertlik değerleri Aydın ve İzmir illeri için sırasıyla 1715.75 g ve 1760.48 g olarak ölçülmüştür (Tablo 1). Sertlik değerleri 1303.84 g ile 2436.12 g arasında değişkenlik göstermiştir. Sertlik değerleri dondurma külâhlarının diyet lif ve protein içeriği ile bir miktar korelasyon gösterebilir (Kigozi ve ark., 2013). Dondurma külâhlarının sertlik değerleri arasındaki fark üretimlerinde kullanılan unların bu bileşenler ve kül içeriği bakımından farklılık göstermesi ile ilişkilendirilebilir. Külâhların sertlik değerlerinin farklı olmasının diğer bir

Gofret Tipi Dondurma Külâhlarının Bazı Kalite Özellikleri

olması nedeni ise formülasyonlarında kullanılan su miktarının ve/veya pişirme sıcaklık ve sürelerinin farklı olmasıdır. Dondurma hamuru bileşimde yağ bulunması ve bu yağın miktarı sertlik değeri üzerinde etkilidir. Gofret hamuru bileşimindeki yağın artması mekanik sertli-

ğin ve gevrekliğin azalmasına neden olur. Diğer taraftan formülasyondaki şeker miktarının artması dondurma külâhlarını daha sert yaparken, kırılabilirliği de azaltır (Kigozi ve ark., 2016).

Tablo 2. Gofret tipi dondurma külâhlarının renk ve tekstür değerleri

| Dondurma Külâhı Örnekleri | L* | a* | b* | Sertlik (gram) | Kırılabilirlik (mm) |
|---------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| A1 | 37.23 | 4.75 | 10.15 | 1480.69 | 26.41 |
| A2 | 35.43 | 2.08 | 8.28 | 2011.01 | 25.05 |
| A3 | 34.04 | 4.68 | 9.68 | 1330.92 | 15.59 |
| A4 | 35.25 | 2.42 | 7.05 | 1761.06 | 16.70 |
| A5 | 33.59 | 3.25 | 7.85 | 1830.87 | 24.65 |
| A6 | 33.02 | 3.67 | 7.41 | 1991.10 | 21.12 |
| A7 | 33.67 | 3.65 | 8.68 | 1303.84 | 25.11 |
| A8 | 33.81 | 2.55 | 7.87 | 2016.51 | 25.99 |
| A Grubu Ortalama* | 34.50±1.28 ^a | 3.38±0.93 ^a | 8.37±1.01 ^a | 1715.75±302.79 ^a | 22.57±4.28 ^b |
| B1 | 34.78 | 3.78 | 8.78 | 2013.81 | 24.63 |
| B2 | 35.25 | 2.08 | 8.08 | 2193.46 | 25.84 |
| B3 | 33.91 | 3.29 | 9.11 | 1412.82 | 23.94 |
| B4 | 37.04 | 3.72 | 9.82 | 2436.12 | 28.79 |
| B5 | 33.45 | 4.74 | 9.31 | 1340.53 | 24.78 |
| B6 | 34.79 | 4.14 | 9.41 | 1371.39 | 26.12 |
| B7 | 34.12 | 5.78 | 7.85 | 1365.94 | 13.21 |
| B8 | 34.71 | 4.48 | 8.72 | 1949.83 | 23.18 |
| B Grubu Ortalama* | 34.75±1.01 ^a | 4.00±1.01 ^a | 8.88±0.62 ^a | 1760.48±438.87 ^a | 23.81±4.60 ^a |
| Genel Ortalama | 34.63±1.16 | 3.69±1.03 | 8.62±0.87 | 1738.11±353.38 | 23.19±4.21 |

*a-b Farklı harfler P<0.05 seviyesinde iller arasında istatistiksel fark bulunduğunu göstermektedir.

A: Aydın B: İzmir ilinden temin edilen gofret tipi dondurma külâhı örnekleri

Dondurma külâhlarının kırılabilirlik değerleri iki ilden alınan örnekler arasında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. İzmir ilinden toplanan örneklerin kırılabilirlik değeri (ortalama 23.81 mm) Aydın ilinden toplanan örnekler göre (ortalama 22.57 mm) daha fazla ölçülmüştür. Tüm örneklerin kırılabilirlikleri en düşük 13.21 mm ile en yüksek 28.79 mm arasında değişim göstermiştir. Bu farklılık sertlik değerlerinde olduğu gibi örneklerin nem içeriklerinin farklı olmasından kaynaklanmış olabilir. Nem içeriklerindeki farklılığın nedeni ise üretimlerinde kullanılan unun su absorpsiyon kapasitesinin farklı olmasının yanı sıra formülasyondaki su miktarının ve proses parametrelerinin farklı olması olabilir. Örneklerin sertlik ve kırılabilirlik değerlerinin farklı olmasının diğer bir nedeni ise depolama koşullarının aynı olmamasıdır. Gofret düşük nemli bir ürün olduğu için Aydın veya İzmir gibi sıcak ve nemli iklime sahip bölgelerde tüketilinceye kadar nem kapmaları gerekli önlemler alınmadığı sürece kaçınılmaz bir sonuçtur. Gevreklik, dondurma külâhlarında tüketici kabulünü etkileyen önemli bir dokusal özelliktir. Bu nedenle gerek formülasyonda kullanılan bileşenlerin gerekse üretim ve depolama koşullarının doğru ayarlanması gerekir.

Diğer taraftan dondurma külâhlarının üretildiği fabrikadan dondurma fabrikalarına veya dondurma satıcılara ulaşıncaya kadar taşıma sırasında dayanıklılığını

koruyabilmesi için yeterli sertlik ve kırılabilirliğe sahip olması gerekir. Aşırı derecede gevrek bir dondurma külâhı parçalanarak kullanılmaz hale gelebilmektedir. Örneğin, milyonlarca dondurma külâhı üreten bir dondurma külâhı yapım şirketine Ekim 2019'dan Eylül 2020'ye kadar, toplam üretilen külâhların yaklaşık %2'sinin yükseklik farkı, ağırlık farkı, kırıklar, parçalanmalar, gözeneklilik, alttaki boşluk vb. gibi çeşitli kusurlar nedeniyle reddedildiği bulunmuştur (Solanki ve ark., 2021). Dondurma külâhı üreten işletmeler tarafından bu tür kusurların önüne geçilebilmesi için külâh kalitesini etkileyen faktörlerin araştırılması ve uygun önlemlerin alınması önem arz etmektedir.

Mert (2014) farklı unlarla ürettiği gofretlerde sertlik değerinin değiştiğini bildirirken, kestane karabuğday ve/veya buğday unu içeren örneklerin pirinç ve mısır içeren örneklerden istatistiksel olarak daha düşük sertlik değerlerine sahip olduklarından söz etmiştir. Araştırmacı kırılabilirlik değeri için ise mısır unu içeren örneklerin daha yüksek kırılabilirlik değerine sahip olduğunu kesim aşamasında yüksek kırılabilirliğin gofretlerde istenmediğini kesim aşamasında problemlere neden olabileceğini belirtmiştir. Dondurma külâhlarının formülasyonunda kullanılan kabartma tozu miktarı art-

Gofret Tipi Dondurma Külahlarnın Bazı Kalite Özellikleri

tıkça ortaya çıkan karbondioksitin dolayısıyla gözenekli yapının artmasının bir sonucu olarak sertlik ve gevrekliğin de arttığı bildirilmiştir (Kigozi ve ark., 2016).

Mikrobiyolojik analiz sonuçları

Dondurma külâhi örneklerinin mikrobiyolojik analiz sonuçları Tablo 3'de verilmiştir. Sonuçlara göre külâh örneklerinde *E.coli*'ye rastlanmazken, koliform sadece Aydın iline ait örneklerde 0.25 log kob/g olarak bulunmuştur. TAMB sayısı Aydın ilinden toplanan tüm külâh örneklerinde belli düzeylerde saptanmıştır. En çok 2.54 log kob/g olarak Aydın iline ait gofret külâhlarda

tespit edilmiştir. Aydın iline ait külâhlarda TAMB sayısı İzmir iline ait külâhlara göre daha yüksek bulunmuştur. Maya ve küf sayısı İzmir iline ait külâhlarda gözlemlenmezken, Aydın iline ait gofret külâhlarda 0.9 (log kob/g) olarak saptanmıştır. Kıvanç ve ark. (2001) Eskişehir piyasasında yapmış oldukları 25 adet farklı firmaya ait çikolatalı gofretler üzerine olan çalışmalarında toplam aerobik mezofil bakteri sayısı (1.2×10^5 cfu/g), koliform bakteri sayısı (9.8×10 cfu/g- 4.2×10 cfu/g), maya sayılarını (7×10^2 cfu/g- 1.6×10^5 cfu/g) Türk Standartlarında verilen değerlerin üzerinde saptanmıştır.

Tablo 3. Gofret tipi dondurma külâhlarnın mikrobiyolojik analiz değerleri

| Örnek (log kob/g) | A | B |
|-------------------|-----------|-----------|
| <i>E.coli</i> | <log2 | <log2 |
| Koliform* | 0.25±0.70 | <log2 |
| TAMB* | 2.54±0.68 | 0.88±1.22 |
| Maya-Küf* | 0.9±0.98 | <log2 |

*a-b Farklı harfler P<0.05 seviyesinde iller arasında istatistiksel fark bulunduğunu göstermektedir. A: Aydın B: İzmir ilinden temin edilen gofret tipi dondurma külâhi örnekleri, TAMB: Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri

Duyusal analiz sonuçları

Aydın ve İzmir illerinden toplanan dondurma külâhlarnın duyusal olarak değerlendirilmesi sonucunda panelistler tarafından renk, desen, ağızda dağılıma, çiğne-

nebilirlik, kırılgnlık, sertlik, acı tat, koku ve tat gibi kriterler bakımından istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmazken şekerli tat, görünüş ve yapı bakımından iki il arasında görülen fark anlamlı (p<0.05) bulunmuştur (Tablo 4).

Tablo 4. Gofret tipi dondurma külâhlarnın duyusal analiz değerleri

| Dondurma Külâhi Örnekleri | Renk | Desen | Ağızda dağılıma | Çiğnebilirlik | Kırılgnlık | Sertlik |
|---------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| A1 | 6.85 | 6.42 | 4.42 | 5.42 | 4.00 | 5.00 |
| A2 | 5.00 | 6.85 | 3.14 | 4.85 | 4.00 | 4.00 |
| A3 | 5.28 | 3.28 | 4.14 | 5.85 | 5.00 | 5.00 |
| A4 | 4.57 | 5.42 | 5.14 | 5.42 | 4.85 | 5.00 |
| A5 | 5.42 | 7.28 | 4.71 | 5.00 | 5.14 | 3.85 |
| A6 | 5.57 | 5.42 | 6.14 | 6.00 | 6.57 | 5.00 |
| A7 | 5.85 | 5.57 | 5.42 | 5.14 | 4.85 | 5.14 |
| A8 | 5.00 | 7.14 | 5.42 | 5.00 | 4.71 | 5.28 |
| A Grubu Ortalama* | 5.44±0.69 ^a | 5.92±1.31 ^a | 4.81±0.92 ^a | 5.33±0.41 ^a | 4.89±0.80 ^a | 4.78±0.54 ^a |
| B1 | 5.85 | 6.85 | 5.71 | 5.14 | 5.57 | 5.85 |
| B2 | 6.28 | 7.28 | 5.85 | 5.00 | 4.85 | 5.28 |
| B3 | 6.28 | 6.71 | 5.28 | 5.00 | 5.57 | 6.14 |
| B4 | 6.85 | 6.28 | 5.71 | 5.14 | 5.71 | 5.57 |
| B5 | 6.42 | 6.57 | 5.71 | 5.85 | 5.57 | 5.57 |
| B6 | 5.57 | 5.85 | 6.14 | 5.85 | 6.42 | 5.57 |
| B7 | 4.85 | 5.28 | 5.00 | 5.14 | 4.00 | 4.57 |
| B8 | 5.71 | 5.85 | 4.57 | 5.28 | 5.00 | 4.71 |
| B Grubu Ortalama* | 5.97±0.61 ^a | 6.33±0.64 ^a | 5.49±0.51 ^a | 5.30±0.35 ^a | 5.33±0.71 ^a | 5.40±0.53 ^a |

* a-b Farklı harfler P<0.05 seviyesinde iller arasında istatistiksel fark bulunduğunu göstermektedir. A: Aydın B: İzmir ilinden temin edilen gofret tipi dondurma külâhi örnekleri

Gofret Tipi Dondurma Külâhlarının Bazı Kalite Özellikleri

Tablo 4 (devamı). Gofret tipi dondurma külâhlarının duyu analizi değerleri

| Dondurma Külâhı Örnek-leri | Şekerli tat* | Acı tat | Görünüş | Yapı | Koku | Tat | Genel kabul edilebilirlik |
|----------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------|
| A1 | 5.42 | 1.71 | 7.14 | 5.42 | 6.57 | 6.00 | 6.28 |
| A2 | 2.28 | 3.85 | 7.14 | 5.00 | 5.28 | 3.42 | 4.57 |
| A3 | 2.71 | 1.42 | 5.00 | 4.00 | 5.85 | 3.71 | 4.71 |
| A4 | 3.28 | 1.85 | 5.71 | 5.28 | 6.00 | 5.14 | 5.85 |
| A5 | 3.85 | 1.00 | 7.14 | 6.42 | 6.42 | 5.57 | 6.85 |
| A6 | 3.71 | 1.14 | 5.85 | 6.14 | 6.71 | 5.00 | 6.28 |
| A7 | 2.28 | 2.00 | 6.28 | 5.85 | 6.28 | 4.42 | 5.42 |
| A8 | 4.42 | 1.28 | 6.85 | 6.57 | 5.57 | 4.71 | 6.00 |
| A Grubu Ortalama* | 3.49±1.09 _b | 1.78±0.90 ^a | 6.38±0.81 ^a | 5.58±0.84 ^b | 6.08±0.50 ^a | 4.74±0.87 _a | 5.74±0.79 ^a |
| B1 | 5.28 | 1.42 | 6.00 | 5.85 | 6.28 | 6.28 | 7.00 |
| B2 | 4.85 | 2.14 | 6.71 | 5.71 | 6.28 | 5.14 | 6.42 |
| B3 | 3.00 | 2.28 | 6.14 | 5.00 | 5.14 | 4.85 | 5.28 |
| B4 | 3.28 | 1.85 | 6.57 | 6.14 | 5.71 | 4.14 | 5.57 |
| B5 | 3.42 | 1.42 | 6.00 | 5.85 | 6.14 | 4.42 | 6.14 |
| B6 | 3.85 | 2.00 | 6.00 | 6.28 | 6.14 | 4.42 | 5.85 |
| B7 | 4.28 | 2.57 | 5.71 | 5.85 | 4.42 | 3.28 | 4.57 |
| B8 | 4.28 | 2.00 | 5.42 | 5.85 | 5.42 | 4.14 | 5.14 |
| B Grubu Ortalama* | 4.03±0.79 _a | 1.96±0.39 ^a | 6.06±0.41 ^b | 5.81±0.37 ^a | 5.69±0.66 ^a | 4.58±0.87 _a | 5.74±0.77 ^a |

a-b:Farklı harfler P<0.05 seviyesinde iller arasında istatistiksel farkın olduğunu göstermektedir.

A: Aydın B: İzmir ilinden temin edilen gofret tipi dondurma külâhı örnekleri

Desen olarak A5 ve B2 no'lu örnekler daha çok beğenilmiştir. Bu örnekler diğerlerine göre daha sade bir görünüme sahiptir. Buradan tüketicilerin dondurma külâhları üzerindeki marka, logo vb gibi göz yorucu desenleri tercih etmediği muhtemelen geleneksel alışkanlık nedeniyle daha çok sade desenleri tercih ettiği yargısına ulaşılmıştır.

Renk olarak A1 ve B4 no'lu örnekler daha yüksek puan almışlardır. Bu örnekler renk ölçüm sonuçlarında diğerlerine göre daha açık renkte olan yani L^* değeri daha yüksek olan örneklerdir. Yine burada tüketicilerin alışkanlıklarının etkin bir faktör olduğu düşünülmektedir. Geleneksel olarak dondurma külâhları normalde sarı-krem renklidir ve panelistler tarafından geleneksel renge yakın olan örnekler daha çok beğenilmiştir. Ancak günümüzde dondurma külâhlarının fonksiyonelliğini arttırmak amacıyla tam tane unu veya diğer lif ve biyoaktif bileşen içeriği yüksek katkılardan yararlanılmaya başlanmıştır. Bu tür katkıların eklenmesi ile dondurma külâhlarında daha koyu renkler oluşabilmektedir. Özdemir ve ark. (2022), havuç posası ile zenginleştirdikleri dondurma külâhlarının kahverengiye dönen renklerinin panelistler tarafından daha çok beğenildiğini bildirmişlerdir. Ancak tam tersi sonuçlar rapor eden çalışmalar da mevcuttur. Rismawati ve ark. (2020) mısır unu ile üretilen dondurma külâhlarının geleneksel dondurma külâhlarına göre daha az beğenildiğini belirlemişlerdir.

Dondurma külâhlarının yapısal özelliklerinin değerlendirildiği duyu analizi sonucu ağızda dağılım parametresi, 3.14- 8.14 arasında puan almıştır. En düşük değer Aydın iline ait gofret tipi külâhlarda gözlemlenmiştir. Çiğnenebilirlik parametresinde, ortalama 5.30 puan ile İzmir iline ait örnekler düşük puan almıştır. Acı tat en çok ortalama 1.96 ile İzmir iline ait dondurma külâhlarında belirlenmiştir. Görünüş olarak A1, A2 ve A5 no'lu örneklerin en fazla puan aldığı dikkat çekmiştir. Tüketicilerin daha klasik ve geleneksel dondurma külâhlarını daha çok beğendiği sonucuna ulaşılmıştır. B7 no'lu örnek koku olarak diğerlerine göre daha az beğenilmiştir. Bu durum dondurma külâhlarının satış öncesi muhafaza edildikleri ortamdan farklı kokuları absorbe etmiş olma ihtimallerinden ya da hamur formülasyonunda kullanılan bileşenlerden bir ya da birkaçının kötü koku oluşturan maddelere dönüşmesinden kaynaklanmış olabilir. Yüksek nemli ve sıcak ortamda muhafaza edilmeleri oksidasyona neden olabilir ya da pişirme işlemi uygulanan yüksek sıcaklıklar nedeniyle tat ve koku da istenmeyen bileşenler oluşabilir.

Tat olarak B1 no'lu dondurma külâhı diğerlerine göre belirgin şekilde daha yüksek puan almıştır. Bu örneğin genel kabul edilebilirliği de en yüksek bulunmuştur. Ancak Aydın ve İzmir illerinden toplanan dondurma külâhı örneklerinin genel kabul edilebilirlikleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Kigozi ve ark (2014) dondurma külâhlarının görünüm ve doku

Gofret Tipi Dondurma Külâhlarının Bazı Kalite Özellikleri

özellikleri ile genel kabul edilebilirlikleri arasında çok yüksek bir korelasyon olduğunu bildirmişlerdir.

SONUÇ

Bu çalışmada, farklı firmalar tarafından üretilen gofret tipi dondurma külâhlarının birbirinden renk, şekil, desen ve bileşen bakımından farklılıklar gösterdiği ancak farklı illerde satılan külâhlar açısından pek çok özelliğin benzer olduğu belirlenmiştir. Dondurma külâhı üretiminde bir standardizasyon olmadığı, üretiminde kalitenin tamamen firma üretim tercihlerine bağlı olduğu görülmüştür. Dondurma külâhlarının depolama ve/veya saklama koşullarının da gerek mikrobiyolojik, gerekse nem içeriği gibi parametreler açısından önemli olduğu anlaşılmaktadır. Kaliteli bir dondurma külâhı üretimi için standart bir formülasyona ihtiyaç olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte gerek dondurma külâhı üreticilerinin gerekse dondurma satışı yapan işletmelerin hijyenik koşullara uymaları muhafaza aşamasında ise dondurma külâhlarının nem, istenmeyen koku vb kapmaması için uygun koşullarda saklanmaları gerektiği önerisinde bulunulabilir. Özellikle fonksiyonel özelliğini arttırmak amacıyla farklı katkıların ilave edildiği dondurma külâhı çeşitlerinde üretim ve muhafaza koşullarında tüm bu belirtilen noktalara daha fazla dikkat edilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- AACC (2000). *Approved methods of the American Association of Cereal Chemists*. 10th ed. St Paul, MN.
- Anonymous, (1998). *Merck gıda mikrobiyolojisi* 98. Orkim Ltd. Şti. Ankara.
- Cemeroğlu, B. (2010). *Gıda analizleri*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara
- Cook, K.L.K., Hartel, R.W. (2010). Mechanisms of ice crystallization in ice cream production. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9 (2): 213-222. DOI 10.1111/j.1541-4337.2009.00101.x
- Daniel, M.J., Dodd, A.L. (2010). And the PDC winner is: KSU's sweet-tasting and gluten-free waffle cones!: Winner of the 2009 AACC international student division product development competition. *Cereal Foods World*, 55(1):9-11. DOI 10.1094/CFW-55-1-0009
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., Gürbüz, F. (1987). *Araştırma ve deneme metotları*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Ankara.
- Gül, H., Saygılı, N.S., Korkmaz, A.N., Polat, E., Türker, T., Kanat, N. (2019). Beyaz dut unu ile zenginleştirilmiş glutensiz dondurma külâhı üretimi ve ürün kalitesinin değerlendirilmesi. International Young Researchers Student Congress, 28 - 30 November 2019, Burdur, Türkiye, Book of Proceedings, 11-19.
- Halkman, K.A. (2005). *Merck gıda mikrobiyolojisi uygulamaları*. Basak Matbaacılık Ltd. Şti. Ankara.
- Kıvanç, M., Yılmaz, N., Işcan, G. (2001). Eskişehir'de tüketime sunulan bazı çikolatalı gofretlerin halk sağlığı yönünden değerlendirilmesi. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(1):191-196.
- Kigozi, J., Banadda, N., Byaruhanga, Y., Kaaya, A., Lule, F. (2016). Sorghum ice cream cone texture; correlations between instrumental and sensory analysis. *Journal of Advances in Food Science & Technology*, 3(3): 134-145.
- Kigozi, J., Banadda, N., Byaruhanga, Y., Kaaya, A., Musoke, L. (2014). Optimization of texture in sorghum ice cream cone production using sensory analysis. *The Open Food Science Journal*, 8:18-21.
- Kigozi, J., Byaruhanga, Y., Banadda, N., Kaaya, A. (2013). Characterisation of the physico-chemical properties of selected white sorghum grain and flours for the production of ice cream cones. *The Open Food Science Journal*, 7(1): 23-33. DOI 10.2174/1874256401307010023
- Kigozi, J., Byaruhanga, Y., Kaaya, A., Banadda, N. (2011). Development of the production process for sorghum ice-cream cones. *Journal of Food Technology*, 9(6): 143-149.
- Lawless, H.T., Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food principles and practices, descriptive analysis* (2nd ed.). Gaithersburg: Chapman & Hall/Aspen Publishers, Inc.
- Manley, D. (2011). *Technology of biscuits, crackers and cookies*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited. Cambridge, United Kingdom.
- Mert, S. (2014). Effect of different flours on quality of gluten-free wafer sheets. Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University, Ankara.
- Naderi, B., Nasabi, M., Akbari, M., Zargaraan, A., Amini, M. (2023). Effect of enzymatic treatment on rheological properties of wafer batter and textural properties of wafer sheet. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17(3): 2213-2223. DOI 10.1007/s11694-022-01760-0
- Oliver, G., Sahi, S.S. (1995). Wafer batters: A rheological study. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 67(2): 221-227.
- Özdemir, Y., Özbek, C., İlhan, S. (2022). Ice cream cone enriched with carob molasses pulp. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16(5): 3782-3791. DOI 10.1007/s11694-022-01489-w
- Öztürk, E., Yaman, H. (2019). Dondurmanın tarihsel gelişimi ile kültürlerarası düzeyde karşılaştırması. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 7 (3): 2336-2359. DOI 10.21325/jotags.2019.475
- Rismawati, D., Pulungan, M.H., Rahmah, N.L. (2020). Utilization of corn flour (*Zea mays* L.) as material substitution for ice cream cone. *Journal of Food and Life Sciences*, 4(1): 24-33. DOI 10.21776/ub.jfls.2020.004.01.03
- Solanki, A.B., Rathod, A., Thakkar, J., Shah, G. (2021). Application of quality tools to reduce in rejection of ice cream cones: A case in ice cream cone making company. *Materials Today: Proceedings*, 47: 5781-5787. DOI 10.1016/j.matpr.2021.04.121

Gofret Tipi Dondurma Külâhlarının Bazı Kalite Özellikleri

Tiefenbacher, K.F. (2017). *The Technology of wafers and waffles I: operational aspects*. Elsevier Inc.

Tirpude, R.B., Alam, T., Deshwal, G.K. (2020). Design modification of ice-cream cone to control ink migration and crimping. *Journal of Packaging Technology and Research*, 4(3): 247-252. 10.1007/s41783-020-00100-1

Toka, E.A. (2020). Fonksiyonel özellikli bazı bitki ekstraktlarının kullanımının gofret yaprağı kalitesi üzerine etkileri.

Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Samsun.

TSE, (2016). TS7474 Gofret. Ankara.

Tufan, B. (2018). Evaluation of the effects of legume flour incorporation in to wafer sheets. Yüksek lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University, Ankara.

Kamusal İç Mekânlarda Konseptte Dayalı Tasarım Yaklaşımı: MAKÜ Kitap ve Kahve Uygulama Kafeteryası Örneği, Burdur

Ümit AKYILDIZ ¹, Hüseyin Samet AŞIKKUTLU ^{2*}, Latif Gürkan KAYA ²

¹Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mekansal Planlama ve Tasarım Anabilim Dalı, Burdur

²Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Burdur

Geliş Tarihi (Received): 14.07.2023, Kabul Tarihi (Accepted): 15.09.2023

✉ Sorumlu Yazar (Corresponding author*): sasikkutlu@mehmetakif.edu.tr

☎ +90 248 2132790 📠 +90 248 2132704

ÖZ

Bu çalışmanın amacı toplum yaşamı için son derece önemli olan sosyal mekânlardan, kamusal bir iç mekânı konu alıp, örnek üzerinde kendi konseptine dayalı bir tasarım yaklaşımı sunmaktır. Bu bağlamda, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi (MAKÜ) İstiklal Yerleşkesi içinde yer alan MAKÜ Kitap ve Kahve Uygulama Kafeteryasının, yemek yeme ve kitap okuma bölümlerinde kullanım potansiyelinin artırılması ve kullanıcı beklentilerinin karşılanması için tasarım yaklaşımları geliştirilmiştir. Tasarım yaklaşımında AutoCAD, 3Dsmax, Vray ve Photoshop yazılımları kullanılmıştır. Mekânın mevcut durumu tespit edilerek eylem, amaç ve konsept doğrultusunda iç mekân düzeni yeniden değerlendirilmiş, yemek ve kitap bölümleri için farklı konseptle hareketli ve sabit mobilya, tavan ve zemin yüzeyleri, aydınlatma, iklimlendirme ve akustik tasarımları yapılmıştır. Sonuç olarak, çalışma alanında yemek bölümü ve okuma bölümleri ayrılarak akustik konfor, yeterli aydınlatma ve doğal bir niteliğin sağlanmasına yönelik konsept tasarımlar oluşturularak öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Burdur, iç mekân, kahve, kitap, MAKÜ

Concept Based Design Approach in Public Interiors: Case Study of MAKÜ Book and Coffee Practice Cafeteria, Burdur/Türkiye

ABSTRACT

The aim of this study is to present a design approach based on a concept of its own, using the example of a public interior, which is one of the social spaces that are extremely important for social life. In this context, design approaches were developed to increase the usage potential of the MAKÜ Book and Coffee Application Cafeteria on the İstiklal Campus of Burdur Mehmet Akif Ersoy University (MAKÜ) in the areas of dining and reading and to meet user expectations. AutoCAD, 3Dsmax, Vray and Photoshop software were used in the design approach. Identified the current state and action space, purpose, and in accordance with the concept layout Interior re-evaluated, dining and book sections with different concepts for moving and fixed furniture, ceiling and floor surfaces, lighting, air conditioning and acoustic designs are reviewed. As a result, by separating the dining and reading sections in the workspace, concepts for acoustic comfort, adequate lighting and natural quality were created and proposals were presented.

Keywords: Burdur, interior, coffee, book, MAKÜ

GİRİŞ

Tasarım sürecinin şekillenme safhasında konsept, en önemli esaslardan biri olarak ifade edilmektedir. Bir mekânın sahip olacağı nitelikli, özgün, kimlikli gibi özellikler ancak konsept ile mümkün olabilir ve aslında mekânın ruhu ve yansıtılmak istenen duyguyu niteleyen bir olgudur. Bir başka deyişle, tasarım ölçütlerinin somutlaştırılması ve özgün yaklaşımın bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla, konsepti somutlaştırmada tasarım öğeleri ve mekânı oluşturan elemanlar etkili olmaktadır. Tasarımcı, mekân ve konseptin bütünleşmesini sağlarken renk, form ve malzeme gibi anlamlı parçaları kullanır (Gündüzlü ve Erçevik Sönmez, 2021). Kısaca, konsepti mekândan koparmak doğru kabul edilmemektedir (Suvanajata, 2001; Dizman, 2015). Mekânların markalaşmasında etkili olan konsept, sahip olmasını istenilen imaj ve oluşturması arzu edilen algının etkisi ile sınırlanmaktadır (Nakatani ve ark., 2016; Topak ve Öztürk Demirtaş, 2022). Bu kapsamda, yeme-içme mekânları da bir konseptte dayalıdır (Doğan Karakan, 2019) ve sunulan konsept müşteri memnuniyetinin iyileştirilmesinde etkilidir (Truskina, 2015). Kamusal alan olarak kabul gören yeme-içme mekânları sosyal yaşam etkinliklerinin gelişebilmesi (Tepe, 2019) ve taşıdıkları anlam bakımından öneme sahiptirler (Apaydın Başa, 2012). Bu açıdan kitap-kahve konseptine dayalı mekânlarda kullanıcıların beklentilerini karşılayacak düzenlemelerin yapılması önem arz etmektedir (Yıldırım ve ark., 2007).

Mekân tasarımı eyleminde öncelikli olarak ihtiyaç, amaç, işlev ve gereklilik sorularının yanıtı aranır ve sonrasında bu yanıtlara cevap olarak konsept geliştirilmektedir. Gözlemler ve kaynak analizi, fikirler, düşünceler, ulusal ve evrensel kabuller ışığında tasarımcıların estetik algıları ve yaklaşımları ile oluşturulan konsept, tasarlama eyleminin fikrinsel temelini oluşturmaktadır (Balkan, 2005). Bir yeri yaşayan bir mekâna dönüştürenin insan eylemleri olduğu göz önüne alındığında, belirli bir amaç ve eylem için oluşturulmuş mekânlar ortak eylemler için şekillendirildiğinde kamusal mekâna dönüşmektedir. Kamusal mekânı ise kamuya açık olma, eşitlik, tarihsel-kültürel bellek, erişilebilirlik gibi temel unsurlar oluşturmaktadır. Kamusal mekân ya da daha sık kullanımı ile kamusal alan; bireye özgü, özel alanların dışında, kent sakinlerinin sosyalleşebildiği, kültürel etkileşimin sağlandığı ve sosyal dokunun olduğu alanlardır. Mağazalardan oluşan caddeler, yarı açık ya da kapalı çarşılar, semt pazarları, oyun parkları, spor alanları ve kent hafızasının önemli bir yapı elemanı olan meydanlar birer kamusal alandır. Diğer bir deyişle kuramsal olarak kamusal alan; toplum yararına yönelik söylem, düşünce ve eylemlerin üretilip geliştirildiği, sosyal etkinlik alanıdır

(Özbek, 2005). Farklı şekilde kamusal alanı, bireylerin toplumun genelini ilgilendiren ortak faydaların tespit edilmesi ve uygulanması için düşünce, tasarım, söylem ve eylemlerin üretildiği etkinlik alanı olarak tanımlamak mümkündür (Tekel, 2009).

Kamusal bir kavram olan "kent"e karşı, genellikle özel alanı anlatmak için kullanılan "iç mekân" kavramı arasındaki mantıksal ilişki, bu iki kavramın bir araya gelmesiyle oluşan kentsel iç mekân kavramına açıklık getirmektedir. Kavramsal karşıtlıklar olan toplumsal- bireysel, iç- dış, kamusal - özel, algısal - fiziksel ve benzeri karşıtlıklar kentsel iç mekân kavramıyla bütünsel ve etkileşimli bir anlam içermektedir (Cordan ve Çolak, 2015). Kavram "urban interior" olarak karşımıza çıkan ve dilimize "kentsel iç mekân" şeklinde çevrilen bu nispeten yeni yaklaşım, iç mimarlık disiplininin kentsel keşifini açıklayan kavramdır (Nalbant Özkul ve Adıgüzel Özbek, 2019). Ayrıca, kentsel iç mekân sosyal bileşen olarak birey ve toplumdan, cansız aktörler olarak nesnelere ve mekânlardan oluşan çevresel bir sistemdir (Attwill, 2011).

Kahvenin kahvehane kültürünü meydana getirmesi doğal olarak Osmanlı'da ortaya çıkmış, 16. yüzyılda Kanuni Sultan Süleyman dönemine rast gelmektedir. Sonrasında gelen padişahlar döneminde de tartışmalara yol açan kahve kullanımı ve kahvehanelerin gelişimi, kahvenin sarhoşluk verdiği iddiası ile tasvip edilmediği ve kahvehanelerin de sosyal yapıyı bozduğu gerekçesiyle kapatılmalarına ve yıkılmalarına sebep olmuştur. Yasaklara rağmen kahve kullanımı giderek artmış, 17. yüzyılda serbest hale gelmiş ve ihtiyaç fazlası kahvenin Avrupa'ya ihracına izin verilmiştir. İlk kez 1615'te Venedik'te, 1644'te Marsilya'da, 1650'de Londra'da, 1651'de Viyana'da, 1669'da Paris'te kahvehaneler açılmıştır (Bostan, 2001).

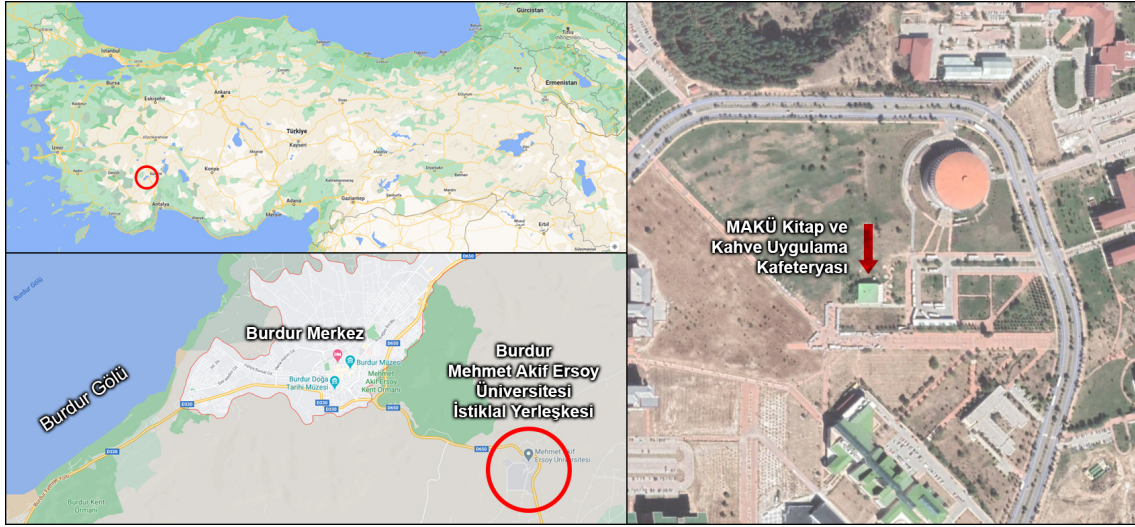
Kitap ve dekoratif objeler, kırtasiye malzemeleri gibi çeşitli aksesuarların satışı gerçekleştiren ve aynı zamanda da kendi içinde bir kafesi bulunan kitap kafeler (Yıldırım ve ark., 2007), genellikle öğrenciler tarafından tercih edilmektedir (Özkan, 2022). Türkiye'de de son yıllarda sayılarının hızla artış gösterdiği kitap kafeler yeni nesil üçüncü mekânlar olarak kabul edilmekte ve yapılan düzenlemelerle sosyalleşen, kitap okuyan ve satılan yiyecek/içecekleri tüketen insanlar bu kamusal alanlarda çeşitli faaliyetlere katılabilme fırsatı bulmaktadırlar (Odabaş ve Donbay, 2022). Kahve eşliğinde kitap okuma kültürüne yeni bir boyut ekleyen ve atmosferiyle dikkat çeken bu mekânlarda çalışmak isteyenlere de sessiz bir ortam da sağlamaktadır (URL-1, 2023).

Kamusal İç Mekânlarda Konseptte Dayalı Tasarım Yaklaşımı: MAKÜ Kitap ve Kahve Uygulama Kafeteryası Örneği, Burdur

Bu çalışmanın amacı, bir kentsel iç mekân olarak ele alınabilecek olan MAKÜ Kitap ve Kahve Uygulama Kafeteryasının yemek ve kitap okuma bölümleri için mekânsal eksiklerin tespit edilerek, kitap ve kahve konseptine yönelik tasarım önerilerinin geliştirilmesidir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada kullanılan materyaller, AutoCAD, 3Ds Max, Vray, Photoshop yazılımlarıdır. Çalışmanın ana materyali; Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İstiklal Yerleşkesi'nde yer alan MAKÜ Kitap ve Kahve Uygulama Kafeteryasıdır (Şekil 1).

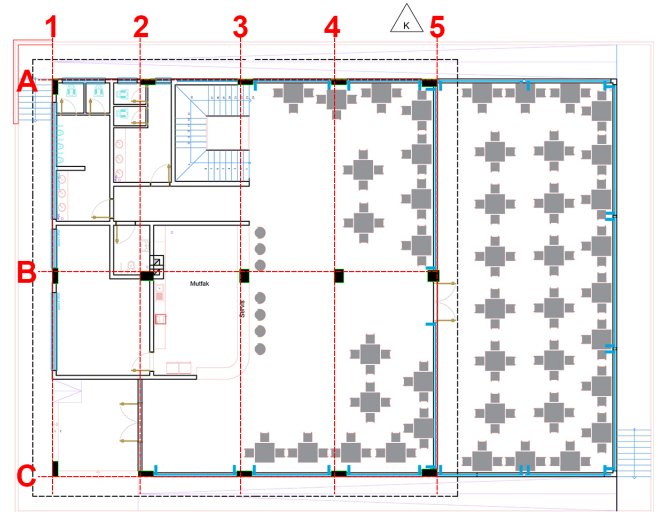


Şekil 1. Çalışma alanının konumu

12 Şubat 2018'de faaliyete geçen MAKÜ Kitap ve Kahve Uygulama Kafeterya, Turizm İşletmeciliği ve Otelcilik Yüksekokulu bünyesinde, 145 kişi kapasitesiyle üniversite öğrencileri ve personeline hizmet ederken, bölüm öğrencileri için de uygulama alanı olarak tasarlanmıştır (URL-2, 2023). Çalışma kapsamında, iki katlı bir yapı olan MAKÜ Kitap ve Kahve Uygulama Kafeteryasının servis hizmetinin sunulduğu üst katı ele alınmıştır. Bu alan brüt 569 m²'dir ve iki bölümden oluşmaktadır. İklim şartlarının bir getirisi olarak girişinde rüzgârlık kullanılan yapının kapalı mekânı içinde mutfak, servis, lavabo ve WC, yeme, dinlenme ve okuma alanları mevcuttur. Okuma alanı net 180 m² ve servis alanı ise 389 m²'dir (Anonim, 2022).

Şekil 2'de yer alan mevcut durumu gösterir plana göre; yapıya giriş rüzgârlıktan yapılmakta ve giriş yönünün solunda servis büfesi yer almaktadır. Büfenin tam batısında hazırlık mutfağı yer almakta ve kuzeyindeki koridor ile bay, bayan ve engelli tuvaletlerine, 3A kolonuna bitişik merdiven ile alt kata ulaşılmaktadır. 5 numaralı aks boyunca konumlandırılmış parapet üzeri açılır cam duvar iç mekânı ikiye bölerek servis ve kitap alanlarını birbirinden ayırmıştır. Planda, servis büfesi önünde bar sandalyesi konumlandırılmış olsa da yapılan tespitinde bunun uygulanmadığı görülmüştür. Ayrıca

beşinci akstan sonra kolon bulunmaması kitap alanı olarak adlandırdığımız mekânın üst örtüsünün betonarme olmadığını göstermektedir.



Şekil 2. MAKÜ Kitap ve Kahve Uygulama Kafeteryası mevcut planı (Anonim, 2022)

Kamusal İç Mekânlarda Konseptte Dayalı Tasarım Yaklaşımı: MAKÜ Kitap ve Kahve Uygulama Kafeteryası Örneği, Burdur

Planda olmayıp mevcut durumda görülen farklılık ise yapıyı yatayda ikiye bölen B aksında yer alan B4 kolonuna dikey aks boyunca yerleştirilmiş seperatör ve koltuklardır. Bu şekilde oturma alanı kapasitesi artırılmıştır. Yerinde yapılan incelemede görüldüğü üzere, mekânın yoğun olarak kış aylarında kullanıldığı düşünüldüğü için yalnız ısıtma tesisatı kullanılmış, soğutma

ile ilgili bir araç kullanılmamıştır. Her iki mekânın zeminde aynı renk ve dokuda seramik kaplaması tercih edilmiştir. Servis alanının vurgulanması için sadece o bölüm ahşap doku görünümüne sahiptir. Tavanda asma tavan karo döşeme tercih edilmiş ve aydınlatma tercihinde ise belirli aralıklarla spot kullanıldığı görülmüştür (Şekil 3).



Şekil 3. MAKÜ Kitap ve Kahve Uygulama Kafeteryası servis bölümü

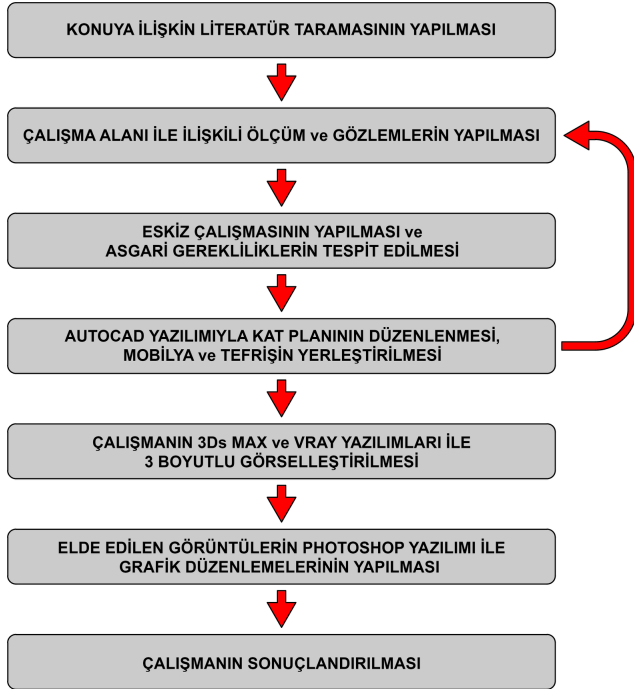
Yerinde yapılan incelemede görüldüğü üzere, mekân ikiye bölünerek kitap bölümü ayrılmış ancak kitap okuma ortamı için gerekli olan mekân bileşenlerinin yer almadığı tespit edilmiştir. Ayrıca kitap bölümünde mevcut planda yer aldığı gibi beşinci akstan sonra kolon

bulunmadığından dolayı çatı örtüsü olarak açılır tente sistemi kullanıldığı görülmüştür (Şekil 4).



Şekil 4. MAKÜ Kitap ve Kahve Uygulama Kafeteryası kitap bölümü

Çalışmada kavramlar ve tanımlamalar için literatür taraması yapılmış, çalışma yapılacak mekânın rölovesi alınmış ve mekânın fotoğrafları çekilmiştir. Mekân kat planı AutoCAD yazılımı kullanılarak çizilmiştir. Tasarım eskizleri için beyaz kâğıt ve karakalem kullanılmış ve üç boyutlu görsel oluşturmak için 3Ds Max yazılımı kullanılmıştır. Modelin görselleştirilme aşamasında ise VRAY render motoru ve son düzenlemeler için Photoshop yazılımı kullanılmıştır. Çalışmanın hazırlanmasında izlenen aşamalar yöntem akış şemasında gösterilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Yöntem akış şeması

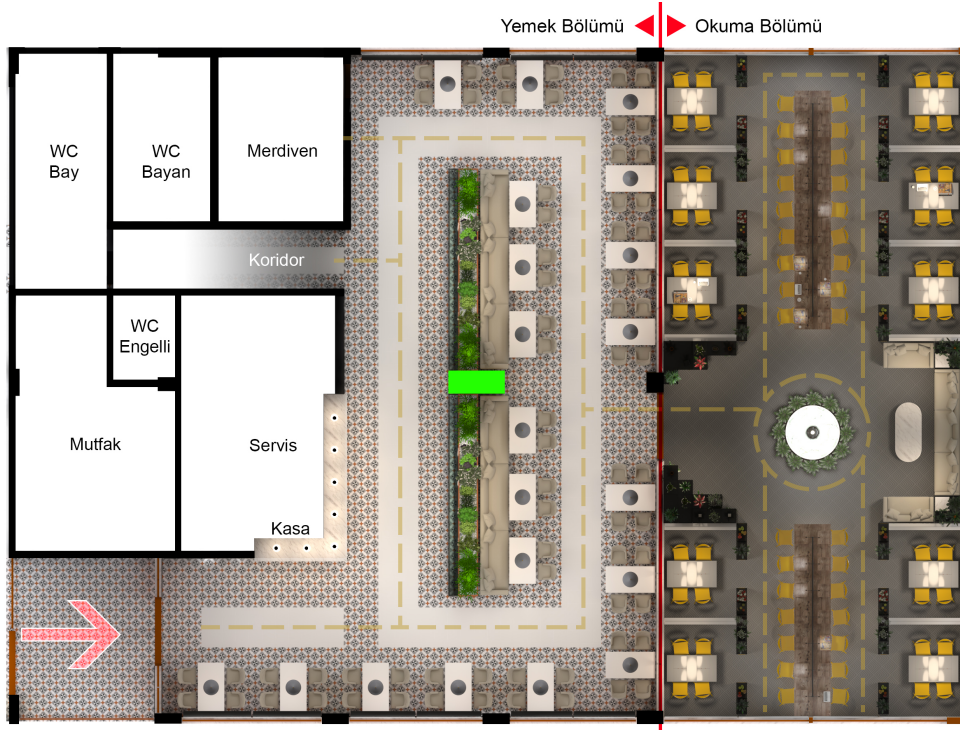
BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapının iç mekânı, mevcut halinde olduğu gibi öneri tasarımda da iki bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler yemek bölümü ve okuma bölümü olarak isimlendirilmiştir. Öneri planı üzerinde, sol altta kırmızı okun bulunduğu alan rüzgârlık olarak adlandırılan ilk giriş alanıdır. Rüzgârlıktan yemek bölümüne geçiş sağlanmaktadır. Yemek bölümü işlevsel olarak masa, sandalye, koltuk, sarkıt aydınlatma, su ve bitki elemanlarından oluşmaktadır. Otomatik kayar kapı ile girilen okuma

bölümünde, su ve bitki objeleri, kitaplıklar, localar, kitap ve dizüstü bilgisayar için geliştirilmiş masalar ve dinlenme amaçlı koltuk alanı yer almaktadır. Plan üzerindeki kesik sarı çizgi dolaşımı göstermektedir. Yapılan yeniden değerlendirme ile mevcut düzenin dağınıklığı kontrol altına alınmış, sirkülasyon netleştirilmiş ve kolay okunur hale getirilmiştir. Aynı düzenleme yaklaşımı okuma bölümü için de geçerlidir; mevcut düzendeki dolaşım alanı karmaşası locaların kenarlara, okuma masasının da orta aksa alınmasıyla çözülmüştür. Yemek bölümünün merkezinde yer alan, yeşil renkle gösterilmiş kolon uzatılmış, mevcut duruma göre daha geniş bir aks elde edilmiştir. Bu geniş aks üzerine koltuk, bitki ve su ögesi eklenerek mekân bölünmüştür. Kişi kapasitesi yönüyle değerlendirildiğinde yemek bölümünde kapasite 55'ten 80'e çıkarılmış, okuma bölümünde ise düzensiz ve oldukça kalabalık kişi sayısı 90'dan 82'ye düşürülmüştür. Şekil 6'da MAKÜ Kitap ve Kahve Uygulama Kafeteryası öneri planı sunulmuştur.

Yemek bölümü dolaşım alanını vurgulamak amacıyla zeminde iki farklı renk ve desende seramik seçilmiş, tavanda ise benzer şekilde asma tavan, dolaşım aksını takip edecek şekilde tasarlanmıştır (Şekil 7a). Yemek bölümünün merkezinde kolonun uzatılmasıyla servis alanı ve oturma birimleri birbirinden ayrılarak muhtemel kazaların önüne geçilmiştir (Şekil 7b). Mekânda gerek olumsuz akustik etkilerin azaltılması gerekse yapay etkisinin kırılması amacıyla farklı türlerde iç mekân bitkileri kullanılmıştır. Altıparmaklı Sakarya (2018) çalışmasında, suyun, mekâna sembolik ve doğal anlamda zenginlik katmanın yanında akustik, serinletici, yansıtıcı ve rahatlatıcı özellikleri ile çekicilik kazandırdığını belirtmiştir. Bu bağlamda çalışma kapsamında bitkisel tasarıma ek olarak tavandan zemine doğru sürekli akış halinde iç mekân atmosferine hem sesi ile hem de görüntüsüyle sakinleştirici, dinlendirici ve canlılık katan su perdesi eklenmiştir. Su perdesi ve bitkisel tasarımı ön plana çıkarmak amacıyla tavanda açısı ayarlanabilen ray spot aydınlatma elemanı kullanılmıştır. Genel aydınlatmada indirekt aydınlatma tercih edilmiş, görev aydınlatmasında ise her bir masanın üzerine gelecek şekilde sarkıt tipi aydınlatma elemanı kullanılmıştır. İklimlendirme çözümü olarak her iki bölümde de merkezi klima sistemi tercih edilmiş, sistemin iç üniteleri yemek bölümünde asma tavan havuzu içine yerleştirilmiştir (Şekil 7c).

Kamusal İç Mekânlarda Konseptte Dayalı Tasarım Yaklaşımı: MAKÜ Kitap ve Kahve Uygulama Kafeteryası Örneği, Burdur



Şekil 6. MAKÜ Kitap ve Kahve Uygulama Kafeteryası öneri planı (Anonim, 2022'den geliştirilerek)



Şekil 7. Yeme – içme bölümü öneri tasarımı

Kamusal İç Mekânlarda Konseptte Dayalı Tasarım Yaklaşımı: MAKÜ Kitap ve Kahve Uygulama Kafeteryası Örneği, Burdur

Okuma bölümüne otomatik kayar bir kapı ile ulaşılmaktadır ve giriş aksında; içinde küre objesi bulunan daire şeklinde bir havuz bulunmaktadır. Havuz bir yandan dolaşım aksı ortasında bir merkez oluşturarak mekân sirkülasyonunu düzenlerken bir yandan da su ögesi ta-

sarım elemanı olarak değerlendirilmiştir. Havuz çevresinde oluşturulan ikinci bir havuz halkası içinde ise canlı geniş yapraklı iç mekân bitkileri bulunmaktadır. İklimlendirme ise tavan orta aksı üzerindeki yapay kirise yerleştirilmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. Okuma bölümü öneri tasarımı

Kitap bölümünün tam merkezinde yer alan dairesel havuzun tavan izdüşümünde, havuzla aynı ölçülerde gergi sistem aydınlatma ile havuz aydınlatılmış ve merkeze vurgu yapmak için sarı renkte LED ışık halkası kullanılmıştır. Işık halkası, mekânı uzun aks boyunca ikiye bölen iklimlendirme kirisinin ortasında yer alarak girişi vurgulamaktadır (Şekil 9a). Loca bölümlerini bölen kitap rafları üzerinde ve giriş kapısının her iki tarafında farklı iç mekân bitkilerinin bulunmasını sağlayan

taşıyıcı sistem tasarlanmıştır (Şekil 9b). Mekânda 4'er kişi kapasiteli 10 adet loca, toplam 32 kişi kapasiteli 2 okuma masası ve 10 kişi kapasiteli dinlenme koltuğu yer almaktadır. Koltuk alanı loca ve okuma masasından farklı olarak dinlenme, gazete ve dergi okuma gibi işlevler için düşünülmüş, giriş aksının karşısına konumlandırılmıştır.



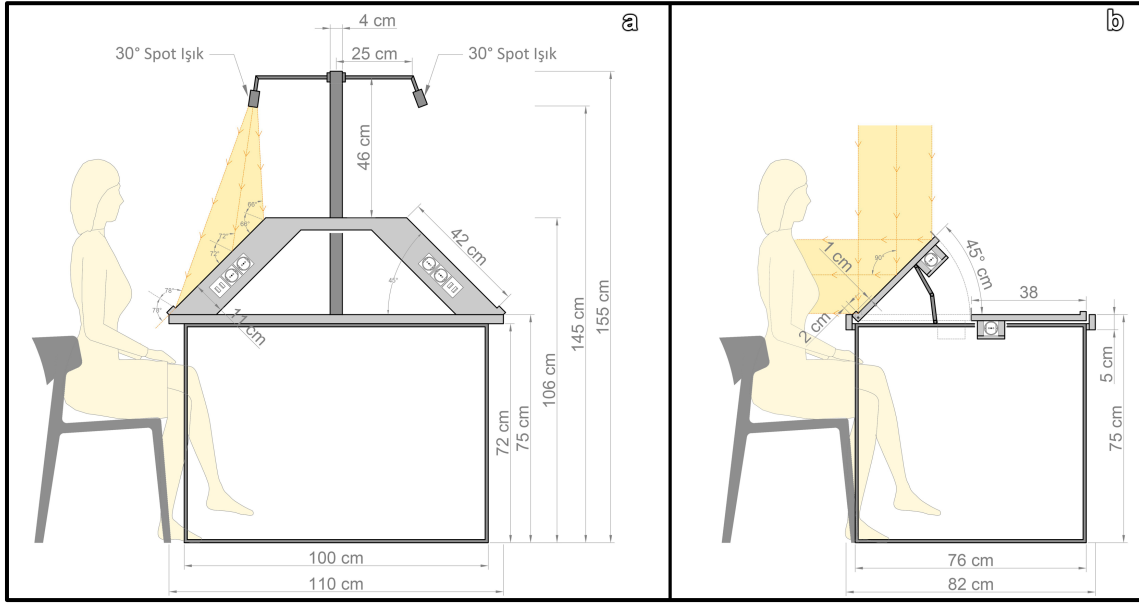
Şekil 9. Okuma bölümünde havuz ve bitkisel öneri tasarımı

Wertheim (2012) çalışmasında, temel yansıma yasasına göre gelen ışık ve yüzey arasındaki açı ile yansıyan ışık ve yüzey arasındaki açının eşit olduğunu belirtmiştir. Bu bağlamda, okuma masalarının tasarım aşamasındaki ilk ele alınan konu, aydınlatma sağlanırken okunan kitap üzerindeki ışık yansımanın engellenmesi olmuştur. Şekil 10a' da yer alan masada ışık kaynağı orta akstan 25 cm uzatılarak konumlandırılmış, ışık kaynağı ve yüzey arasındaki en dar açının 132 (66 + 66 derece), en geniş açının 144 (72 + 72 derece) derece olması sağlanmış ve bu sayede yansıma tamamen yok edilmiştir. Şekil 10b' de ise 45 derecelik eğime ayarlanabilen masa zemini sayesinde tavadan dik gelen ışık yüzeyde 90 derecelik bir açıyla yansıtılarak, ışığın okuyucunun okuma konforuna olumsuz etkilemesinin önüne

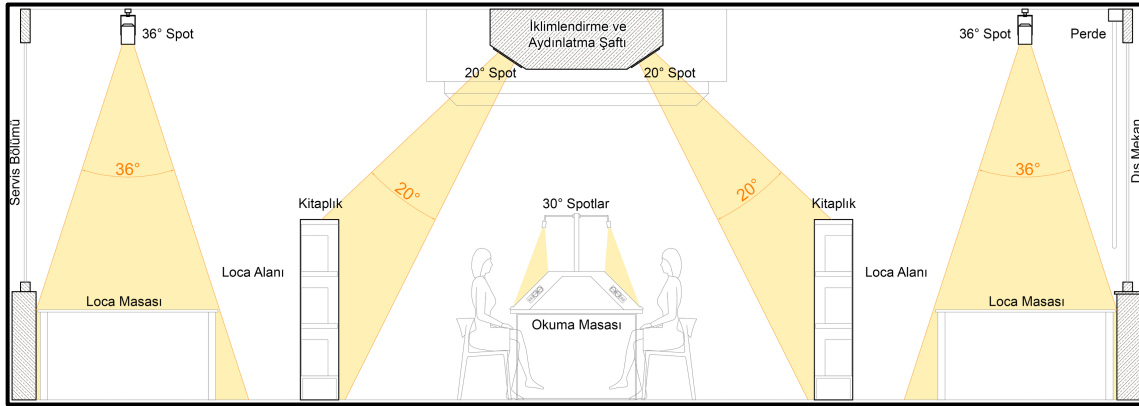
geçilmiştir. Kullanılan koyu renk perdeler ile doğal ışık kontrolü sağlanmıştır.

Okuma alanı mekânının genelinde kullanılan yapay aydınlatma sadece görev odaklı olarak kullanılmıştır. Loca bölümlerinin aydınlatılmasında 36 derecelik optik spotlar kullanılarak konfor bozucu yansımalar önlenmiştir. Loca mekânları giriş cephesinde yer alan kitaplıklar ise tavanda bulunan iklimlendirme şaftı içine yerleştirilen 20 derecelik optik spotlarla aydınlatılmıştır. Bu sayede mekânda kullanılan aydınlatma elemanları ile bir desen oluşturulmuş, mekânın geneli yerine sadece ihtiyaç duyulan bölgeler aydınlatılarak vurgu yapılmıştır (Şekil 11).

Kamusal İç Mekânlarda Konseptte Dayalı Tasarım Yaklaşımı: MAKÜ Kitap ve Kahve Uygulama Kafeteryası Örneği, Burdur



Şekil 10. Okuma masaları teknik çizimleri



Şekil 11. Okuma alanı aydınlatması



Şekil 12. Okuma bölümü, okuma masası öneri tasarımı

Kamusal İç Mekânlarda Konseptte Dayalı Tasarım Yaklaşımı: MAKÜ Kitap ve Kahve Uygulama Kafeteryası Örneği, Burdur

Okuma bölümü orta aksında yer alan okuma masaları okuma eylemine ve dizüstü bilgisayar ile çalışma amacına hizmet etmesi için tasarlanmıştır. Masa üzerinde her bir kişiye denk gelecek biçimde konumlandırılmış kaideler okuma açısına destek sağlamak ve okumayı zorlaştıracak ışık yansımalarını önlemek amacıyla 45 derecelik eğime sahiptir (Şekil 12a). Her bir kaide üzerinde 2 adet 220 volt priz ve mobil cihazların şarj edilmesi amaçlı 2 adet 5V 2A USB giriş bulunmaktadır. Okuma masasının tam ortasında yer alan metal taşıyıcıların üzerinde 30 derece açılı spotlar bulunmakta ve her bir kullanıcının kontrolünde, sadece belirli dar bir alanı aydınlatarak, kişinin okunan kitaba odaklanmasını sağlamaktadır (Şekil 12b). Ayrıca masa tablası ile okuma kaideleri arasındaki açı ve yükseklik farkı olası içecek kazalarında oluşacak zararın önlenmesine destek sağlamaktadır (Şekil 12c).

Okuma bölümünde 4 kişi kapasiteli, öğrenci grubunun birlikte çalışmalarını sağlamak ve çevreden yalıtılması

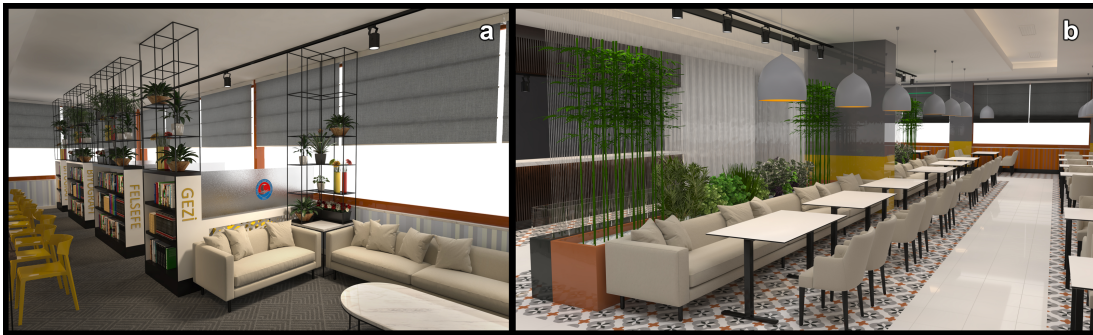
amacıyla loca düzeni tercih edilmiştir. Loca giriş yönünde, oturma esnasında görüşü engelleyen, 150 cm yükseliğe sahip ayırıcı işlevi olan kitap rafları bulunmaktadır. Kitap raflarının yan yüzeylerine büyük harflerle yazılan kategori isimleri kitapların bir yandan tasnif edilmesini sağlarken diğer taraftan konum bilgisini sağlamaktadır. Loca içerisinde istenildiğinde 45 derecelik açığa ayarlanabilen 4 parçalı hareketli masa tablası tasarlanmış ve bu masa tablası altına 220 volt priz yerleştirilmiştir (Şekil 13a). Bu masada da amaç okuma eylemi esnasında içecek kazalarını önlemek ve daha sağlıklı bir okuma açısına destek sağlamaktır. Localarda çalışma ve okuma esnasında yaşanacak dikkat dağınıklığını önlemek ve locaları birbirinden ayırmak amacıyla desenli parapet üzerinde, pencere başlangıç noktası yüksekliğinde (90 cm) MAKÜ logolu puslu cam yerleştirilmiştir (Şekil 13b). Bu camın da bitiş yüksekliği kitap rafı gibi 150 cm'dir.



Şekil 13. Okuma bölümü, loca ve okuma masası öneri tasarımı

Zencirkıran ve ark. (2018) çalışmalarında, bitkilerin gürültü filtreleme ve akustik kontrol özellikleri olduğunu belirtmişlerdir. Bu bağlamda, Şekil 14a ve Şekil 14b'de görüldüğü üzere MAKÜ Kitap ve Kahve Uygulama Kafeteryası'nın her iki bölümünde de iç mekân bitkileri kullanılmıştır. Fakat kitap bölümünde daha sessiz bir mekân sağlanması için yemek bölümüne göre çok daha fazla sayıda bitki kullanılmıştır. Ayrıca akustik

konforun sağlanması amacıyla kitap bölümünde zemin kaplaması halı ve perde malzemesinde kumaş tercih edilmiştir (Şekil 14a). Yemek bölümünde ise olası yemek ve içecek kazalarının yaşanma sıklığı düşünülerek ve mekânın temiz tutulabilmesi için seramik zemin kaplaması tercih edilmiştir (Şekil 14b).



Şekil 14. Servis ve okuma bölümlerinde öneri malzeme kullanımı

SONUÇ

Kamusal bir iç mekân olan MAKÜ Kitap ve Kahve Uygulama Kafeteryası örneğinde, mekânsal gereklilikler tespit edilerek dikkat edilmesi gereken başlıca tasarım önerileri aşağıda sunulmuştur:

- Görme algısını direkt ilgilendiren aydınlatma tasarımında, gereksiz bölgelerin aydınlatılmaması, gerekli olan bölgelerin vurgulanması ile eylemlerin algılanması ve konforu olumlu yönde etkileyecektir. Bu bağlamda aydınlatma ile mekânın genelinde bir desen oluşturularak mekânın ve eylemlerin algılanması ve mekânın görsel konforunun sağlanması gerekmektedir. Yemek yeme, dinlenme ve okuma eylemleri esnasında göz kamaşmasının engellenmesi için aydınlatma açıları doğru hesaplanmalıdır. Hem doğal ışıktan faydalanarak hem de doğal ışıktan kaynaklanan rahatsızlığın önüne geçebilmek için konumlandırılmaları ve kullanılan engelleyici malzemeler dikkatle tercih edilmelidir.
- İklimlendirme tesisatında mekânın gereklilikleri göz önünde tutulmalıdır. İklimlendirmedeki amaç, yemek bölümünde yoğun yemek kokusunun önüne geçilirken, okuma bölümünde gürültü seviyesinin düşürülmesi olmalıdır. İklimlendirmenin bir kolu olarak ses ve ısı yalıtımının da yeterli derecede sağlanması gerekmektedir.
- Akustik konfor konusunda, özellikle okuma bölümünde, zeminde halı kullanımı, tüm cam cephelerde kumaş perde kullanımı, geniş yapraklı bitki kullanımı ve mekân sirkülasyon tercihi ile iç mekânda üretilen sesin yankılanmasının önüne geçilmelidir. Su objesinin kullanımı ile de odaklanmayı kolaylaştıran doğal sesler üreterek akustik konfor sağlanmalıdır. Yemek bölümünde ise benzer şekilde su objesi ve bitki kullanımı ile iç mekânda oluşan gürültü algısal olarak bastırılmalıdır.
- Mekânın genelinde tüm masalarda ve dinlenme alanı çevresinde ulaşımı kolay cep telefonu şarjı ve bireysel dizüstü bilgisayarlar için mutlaka priz kullanılmalıdır. Özellikle okuma alanında olası içecek kazaları için tasarım aşamasında önlemler alınmalıdır.
- Okuma eylemi esnasında görsel olarak dikkat dağılmasının önüne geçmek için oturma pozisyonunda görüşü engelleyici bitkisel ya da diğer mobilya malzemeleri ile parapetler yapılmalıdır. Mekân algısının iyileştirilmesi, olumlu bir etki bırakmak ve yeniden kullanımı teşvik etmek amacıyla iç mekân tasarım anlayışı doğal elemanlarla desteklenmelidir. Su perdesi, havuz ve bitki tasarımlarıyla mekân içinde doğal bir yaklaşıma gidilmeli, mekân ve kullanıcı arasındaki bağ güçlendirilmelidir.

Sonuç olarak, MAKÜ Kitap ve Kahve Uygulama Kafeteryası için yukarıda belirtilen öneri tasarım yaklaşımları ile mekânda kitap ve kahve konsepti doğru şekilde vurgulanacaktır. Ayrıca, kullanıcıların sakin bir atmosferde okuma ve çalışma ihtiyaçları karşılanacaktır. Kısaca, mekân için geliştirilen tasarım önerisi ile kullanıcıların mekânı tercih etmeleri sağlanacak, yeniden kullanım tercihleri olumlu yönde etkilenecek ve böylece MAKÜ Kitap ve Kahve Uygulama Kafeteryasının tanınırlığı artacaktır.

KAYNAKLAR

- Altıparmaklıoğlu Sakarya, G. (2018). Mimari tasarımda su ögesinin farklı kullanım amaçları bakımından incelenmesi: Anadolu örneği. *Asia Minor Studies: International Journal of Social Sciences*, 6 (AGP sempozyum özel sayısı): 107- 120.
- Anonim (2022). MAKÜ Kitap ve Kahve Uygulama Kafeteryası mevcut planı, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı.
- Apaydın Başa, B. (2012) Mekan-kültür-kimlik: yeme-içme mekanlarının tasarımında Akdeniz Kültürünün etkileri, *Agrindustrial Design* 2, 18. https://www.academia.edu/38320459/MEKAN_K_K%C3%9CLT%C3%9CR_K%C4%B0ML%C4%B0K_YEME_%C4%B0%C3%87ME_MEKANLARI-NIN_TASARIMINDA_AK-DEN%C4%B0Z_K%C3%9CLT%C3%9CR%C3%9CN%C3%9CN_ETK%C4%B0LER%C4%B0_SPACE_CULTURE_IDENTITY_THE_MEDITERRANEAN_EFFECTS_IN_THE_DESIGN_OF_EATING_DRINKING_SPACES__ (Erişim Tarihi: 11.10.2022).
- Attiwill, S. (2011). Urban Interior: interior-making in the urban environment. *2011 IDA Congress Education Conference*, October 24–26, 2011, Taipei, Taiwan. 217-224.
- Balkan, E. A. (2005). *Mimari tasarımda konsept*. Bahçeşehir Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- Bostan, İ. (2001). "Kahve", Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi, C. 24, Ankara: TDV, ss. 202-205.
- Cordan, Ö., Çolak, Ş. (2015). İç ve dış arasında mekansal ve toplumsal bir karşılaşma durumu olarak "kentsel iç mekan". *Mimarlık Dergisi*. 384. <http://www.mimarlikdergisi.com/index.cfm?sayfa=mimarlik&Dergi-Sayi=398&ReclD=3710> (Erişim Tarihi: 26.04.2022).
- Dizman, O. K. (2015). Geçişlilik kavramının mekâna anlamsal ve simgesel yansımaları, Yüksek Lisans Tezi, Yakın Doğu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Lefkoşa, Kıbrıs.
- Doğan Karakan, C. (2019). Gaziantep yeme içme mekanlarının tasarımında yeni eğilimler, Yüksek Lisans Tezi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Gaziantep.
- Gündüzlü, E. B., Erçevik Sönmez, B. (2021). İç mekân tasarımında özgünlük ve konsept: özgün ve özgün olmayan mekanların karşılaştırılması. *Sanat ve Tasarım Dergisi*, 243 – 267.

Kamusal İç Mekânlarda Konseptte Dayalı Tasarım Yaklaşımı: MAKÜ Kitap ve Kahve Uygulama Kafeteryası Örneği, Burdur

- Nakatani, M. S. M., Pinto, M.J., Sousa, R. F. M. (2016). Place branding and tourist destination image: a preliminary understanding of destination marketing organizational models. <https://www.semanticscholar.org/paper/Place-branding-and-tourist-destination-image%3A-a-of-Nakatani-Pinto/2cc3e9116cf460804df635a5b6a5776169c65e05> (Erişim Tarihi: 28.10.2022).
- Nalbant Özkul, B., Adıgüzel Özbek, D. (2019). Kent ve iç mimarlık kesişiminde "Kentsel iç mekan". *Yakın Mimarlık Dergisi*, 3(1): 1-17
- Odabaş, H., Donbay, U. (2022). Samsun'da kitap kafelerin ürün pazarlama stratejilerinde iç mekân tasarımı ve estetiğin etkisi. *Bilgi Dünyası*, 23(2): 141-172.
- Özbek, M. (2005). *Kamusal alan*, Hil Yayın, İstanbul.
- Özkan, H. (2022). Kadıköy'de kafelerin tercih sebepleri (Osmanağa ve Caferağa mahallesi örneği). Yüksek Lisans Tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Bilecik.
- Suvanajata, R. (2001). Relations in architectural space, designs and effects in space of the traditional Thai houses and temples. Doctoral Thesis, Volume One, The Bartlett, University College London, England.
- Tekel, A. (2009). Alışveriş merkezlerinin "kamusal mekan" nitelikleri üzerine bir değerlendirme: Ankara Panora alışveriş merkezi örneği. *Hacettepe Üniversitesi Türkiyat Araştırmaları*, 10: 141 – 154.
- Tepe, D. (2019). Kamusal mekan özelliklerinin sosyal yaşam aktiviteleri üzerindeki etkisi- Karşıyaka- Bostanlı örneği. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şehir ve Bölge Planlama Ana Bilim Dalı, İzmir.
- Topak, V., Öztürk Demirtaş, P. (2022). Perakende mağazalarının marka kimliği altında tasarlanması. *Fenerbahçe Üniversitesi Tasarım, Mimarlık ve Mühendislik Dergisi*, 2 (2): 111-122.
- Truskina S. (2015). Experience dimensions in new restaurant concept proposal, Bachelor's Thesis. Degree Programme in International Business, Tampere University, Finland.
- URL-1 (2023). <https://www.flypgs.com/blog/dunyadaki-kitap-kafeler/> (Erişim Tarihi: 12.07.2023).
- URL-2 (2023). <https://mehmetakif.edu.tr/duyuru/6562/kitap-ve-kahve-kafeteryasi-ogrencilerimizin-hizmetinde> (Erişim Tarihi: 12.07.2023).
- Wertheim, J. (2012). *Şekilli fizik sözlüğü*. TÜBİTAK Yayınları, Ankara.
- Yıldırım, K., Aras, R., Soydaş Wilson, Z. (2007). Birbirlerinin satışını destekleyen hizmet ve ürünlerin bir arada sunulduğu ticari mekânlar: kitap evi-kafe örneği. *Politeknik Dergisi*, 10 (3): 313-324.
- Zencirkıran, M., Çelik, H. B., Müdük, B., Görür, A., Çetiner, S., Eraslan, E., Tanrıverdi, D. (2018). İç mekan tasarım bitkilerinin kullanıcı için toksik özellikler bakımından değerlendirilmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20(1): 26 – 31.

İç ve Dış Mekânda Kullanılan Satinwood ceylon (*Chloroxylon swietenia* DC) Ahşabında Ağartma Uygulamasının Yapılması Üzerine Bir Çalışma

Ümit AYATA ^{1*}, Osman ÇAMLIBEL ²

¹Bayburt Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Bayburt, Türkiye
²Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale Meslek Yüksekokulu, Tasarım Bölümü, İç Mekân Tasarımı Pr., Kırıkkale, Türkiye

Geliş Tarihi (Received): 15.08.2023, Kabul Tarihi (Accepted): 17.09.2023

✉ Sorumlu Yazar (Corresponding author*): umitayata@vandex.com

☎ +90 458 2111127 📠 +90 458 2111152

ÖZ

Satinwood Ceylon ahşabının yurt dışında birçok alanda (oymacılıkta, mobilya, süslü eşyalar yapımında, tornacılıkta vb.) kullanıldığı bilinmektedir. Bu çalışmada, yurt dışında iç ve dış mekânda kullanılan satinwood ceylon (*Chloroxylon swietenia* DC) odununda ağartma uygulamasının (tek ve çift komponentli ahşap ağartıcılar) yapılması üzerine meydana gelen bazı yüzey özelliklerindeki [liflere dik ve paralel yönlerde beyazlık indeksi değerleri, parlaklık liflere dik ve paralel yönlerde (20° , 60° ve 85°) ve renk parametreleri (Δb^* , L^* , ΔC^* , C^* , h° , ΔL^* , Δa^* , a^* , ΔH^* , b^* ve ΔE^*)] değişiklikler araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre çok değişkenli varyans analizleri bütün testler üzerinde anlamlı sonuçlar sergilemiştir. Her iki ağartma maddeleri ile W^* değerleri liflere paralel (\parallel) yönde ve h° parametresi artış sergilerken, a^* ve C^* azalış durumunu vermiştir. Çalışmada kullanılan ahşap ağartıcılar ile ahşap malzemenin sahip olduğu yüzey özellikleri değişime uğramıştır.

Anahtar Kelimeler: Parlaklık, *Chloroxylon swietenia* DC, ağartma, satinwood ceylon, renk, beyazlık indeksi

A Study on the Application of Bleaching Treatment on Satinwood Ceylon (*Chloroxylon swietenia* DC) Wood Used Indoors and Outdoors

ABSTRACT

Satinwood Ceylon wood is recognized for its utilization in various domains abroad, including carving, furniture production, crafting of ornamental items, woodturning, and more. In this study, the effects of bleaching treatment (using single and dual component wood bleaching agents) on certain surface properties of satinwood Ceylon (*Chloroxylon swietenia* DC) wood, commonly used indoors and outdoors abroad, have been investigated. These surface properties include whiteness index values perpendicular and parallel to the fibers, glossiness perpendicular and parallel to the fibers (at angles of 20° , 60° , and 85°), and color parameters (Δb^* , L^* , ΔC^* , C^* , h° , ΔL^* , Δa^* , a^* , ΔH^* , b^* , and ΔE^*). According to the obtained results, multivariate analysis of variance has demonstrated significant outcomes across all tests. Both bleaching agents resulted in increased W^* values parallel to the fibers (\parallel) and an increase in the h° parameter, while a^* and C^* exhibited a decrease. The surface properties of the wood material, as affected by the wood bleaching agents used in the study, underwent changes.

Keywords: Glossiness, *Chloroxylon swietenia* DC, bleaching, satinwood Ceylon, color, whiteness index

GİRİŞ

Lignin, doğal ahşabın opak rengine birincil katkı sağlamakta olup, ağaç ve ağaç bazlı malzemelerinin görsel özellikleri üzerinde önemli bir rol oynamaktadır (Zhu ve ark., 2016).

Masif ahşap veya ahşap bazlı ürünlerin estetik işlevi, farklı yüzey kaplama işleme teknikleriyle iyileştirilebilir. Ahşabın endüstriyel ölçekte ağartılması, çoğunlukla kusurları gidermek veya ani tasarım taleplerini karşılamak için yapılır. Ağartma her zaman ahşap yüzeylerin rengini açar. Genel olarak iki tür ağartma yorumlanır. Bunlar: optik ve kimyasal ağartma (Csiha ve ark., 2013).

Hidrojen peroksit ile ağartma işlemi, önemli ölçüde parlaklaştırma etkisi elde etmek için genellikle alkali koşullar altında gerçekleştirilir. Alkali kaynağı olarak genellikle sodyum hidroksit kullanılır. Böyle bir süreç, verimli bir parlaklık gelişimi ile karakterize edilir. Bununla birlikte, güçlü alkalinitesinden dolayı, özellikle işlemin başlangıç aşamasında, kâğıt hamuru liflerinden önemli miktarda organik madde ağartma filtratında çözünerek kâğıt hamuru veriminde kayıplara ve kâğıt yapımına taşınacak anyonik çöp oluşumuna neden olur (Colodette ve ark., 1988; Wekesa ve Ni, 2003; Wang ve ark., 2008).

Ağartıcının konsantrasyonu, ağartmanın kalitesini değerlendirmek için önemli bir faktördür. Konsantrasyonun çok yüksek olması israfa neden olur ve çok düşük olduğunda ağartma sonucunu etkiler ve ağartma parlaklığı ağartıcının konsantrasyonundan etkilenir (Hemmasi, 2017).

Flexner (2005) ağaç işlemede kullanılan üç çeşit ağartıcı olduğunu belirtmiştir. Bunlar; ahşabın doğal rengini gideren iki bileşenli ağartıcı (sodyum hidroksit ve hidrojen peroksit), ahşaptan boyayı çıkaran klorlu ağartıcı (örneğin: Sodyum hipoklorit veya sodyum klorit) ve ahşaptan pas ve su lekelerini çıkaran oksalik asit.

Satinwood (*Chloroxylon swietenia* DC) Rutaceae ailesinin bir üyesi olup yaprak dökken bir ağaçtır. Ağaç Hindistan ve Sri Lanka'ya özgüdür ve yaygın olarak Seylan Satinwood veya Doğu Hint Satinwood olarak bilinir (Sivakumar ve ark., 2008). Yaklaşık 9-15 m yüksekliğinde ve 1.0-1.2 m çapında, yayılan taçlı ve 3 m'ye kadar temiz gövdeli, orta boylu, yaprak dökken bir ağaçtır. Ağacın anavatanı Hindistan ve Sri Lanka'dır ve halk arasında Sarı ağaç, Doğu Hint saten ağacı, Seylan saten ağacı olarak bilinir (Kiran ve ark., 2008).

Hindistan'da, kuzeyde Satpuras ve Chota Nagpur'a kadar uzanan, 1100 m yüksekliğe kadar kuru yaprak dökken ormanlarda yabancı olarak bulunur (Kirtikar ve Basu, 2001).

Çiçekler, beyaz veya krem renklidir ve terminal veya koltuk altı salkımlarda bulunur. Ağaç genellikle Şubat'tan Mayıs'a kadar yapraksızdır. Çiçekler Mart-Nisan'da görünür ve meyveler genellikle Mayıs-Ağustos aylarında olgunlaşır ve hemen hemen her yıl bolca tohum üretir (Deb ve Dash, 2013).

Ahşap genellikle yansıtıcı bir parlaklık ile altın rengindedir ve ahşap mobilyaların üretiminde kullanılır (Parotta, 2001). Ahşabı, köprü yapımında, pulluklar, yağ değirmenleri, havanlar, kuyu daraltma ve Madras'ta araba milleri, akslar, nefeler, dekor için yapılmış yapı ve tekerlek teli için kullanılır. Oldukça figürlü bir ahşap olarak, çeyrekte kesilirse, dolap işi, resim çerçeveleri, mobilya, oymacılıkta, tornacılıkta ve diğer süslü işler için kullanılır (Kiran ve ark., 2008; Reddy ve ark., 2008; Jana ve ark., 2010).

Bu tür folklorik ilacın bir parçası olarak kullanılmıştır (Vajjiram ve ark., 2018). Parlak tüylü yaprakları olan düz silindirik gövdeli orta büyüklükte bir ağaçtır ve özellikle Hindistan'ın güney bölgelerinde terapötik kullanım için bir fitofarmasötik formülasyon olarak muazam uygulama alanı bulur (Sampath Kumar ve ark., 2014).

Kurutulmuş gövde kabukları tek başına veya susam yağı ile bir macun halinde karıştırılarak kaşıntıları tedavi etmek için haricen uygulanır (Kiran ve ark., 2006; Venkata Subbaiah ve ark., 2011; Charanraj ve ark., 2019).

Bu çalışmada, yurt dışında iç ve dış mekânda kullanılan satinwood ceylon (*Chloroxylon swietenia* DC) ahşabında ağartma uygulamasının yapılması üzerine meydana gelen bazı yüzey özellikleri (beyazlık indeksi, parlaklık ve renk) üzerindeki değişiklikler araştırılmıştır. Literatürde bu ahşap türüne daha önce ağartma uygulamasının yapılmadığı belirlenmiştir. Bu eksiliğin doldurulması için bu çalışmaya gerek duyulmuştur. Literatürde yapılan ağartma çalışmalarına ait sonuçlar ile bu çalışmada elde edilen sonuçlar kıyaslanmıştır.

İç ve Dış Mekânda Kullanılan Satinwood ceylon (*Chloroxylon swietenia* DC) Ahşabında Ağartma Uygulamasının Yapılması Üzerine Bir Çalışma

MATERYAL VE YÖNTEM

Ahşap Malzeme

Satinwood (*Chloroxylon swietenia* DC) ağaç türüne ait ahşap malzemeler bu çalışmada kullanılmıştır. Deney malzemesi ticari bir işletmeden 1. sınıf kalitede 10 x 10 x 2 cm olarak alınmıştır. Grup başına 5'er adet örnek hazırlanmıştır. Deney örnekleri rastgele seçilen, çat-laksız, düzgün liflere sahip, ardaksız, budaksız, renk ve yoğunluk farkı olmayan özellikte olunmasına dikkat edilmiştir. Daha sonra örnekler TS ISO 13061-1, (2021) standardına göre hazır hale getirilmiştir. Daha sonrasında ahşap malzeme yüzeylerine 80, 120 ve 150 numaralı zımparalar kullanılarak zımparalama iş-lemeleri yapılmıştır.

Ağartma Uygulanmasının Yapılması

Araştırmada su bazlı tek komponentli beyazlatıcı (ok-salik asit $C_2H_2O_4$, sıvı, renksiz, kokusuz, pH değeri 2.0 ± 0.5) ve çift komponentli beyazlatıcı (pH değeri 7, sıvı, kokusuz, renksiz, çözünür, seyreltici maddesi su, hidrojen peroksit (H_2O_2): A bileşeni ve sodyum hidrok-sit (NaOH): B bileşeni, 2:1 oranında karıştırılarak) olmak üzere iki farklı ağartıcı kimyasalları kullanılmıştır. Sürme tekniği ile bu kimyasallar ahşap malzeme yü-zeylerine bir sünger yardımıyla uygulanmıştır.

Renk Özelliklerinin Belirlenmesi

Numunelerin renk değişimi, ASTM D 2244-3, (2007) standardına göre, CIELAB renk sistemi ile bir CS-10 (CHN Spec, Çin) [CIE 10° standart gözlemci; CIE D65 ışık kaynağı, aydınlatma sistemi: 8/d (8°/dağınık ay-dınlatma)] cihazı (Şekil 1A) kullanılarak ölçülmüştür. Aşağıda verilen formüller yardımıyla toplam renk fark-lılıklarına ait sonuçlar belirlenmiştir.

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0.5} \quad (1)$$

$$h^\circ = \arctan (b^*/a^*) \quad (2)$$

$$\Delta C^* = (C^*_{işlemi görmüş} - C^*_{işlem görmemiş}) \quad (3)$$

$$\Delta a^* = (a^*_{işlem görmüş} - a^*_{işlem görmemiş}) \quad (4)$$

$$\Delta L^* = (L^*_{işlem görmüş} - L^*_{işlem görmemiş}) \quad (5)$$

$$\Delta b^* = (b^*_{işlem görmüş} - b^*_{işlem görmemiş}) \quad (6)$$

$$\Delta H^* = [(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2]^{0.5} \quad (7)$$

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0.5} \quad (8)$$

ΔC^* , ΔH^* , Δa^* , Δb^* ve ΔL^* tanımlamaları aşağıda verilmiştir (Lange, 1999):

ΔL^* : Pozitif örnek referanstan daha açık ve negatif örnek referanstan daha koyu,

Δa^* : Pozitif örnek referanstan daha kırmızı ve negatif örnek referanstan daha yeşil,

Δb^* : Pozitif numune referanstan daha sarı ve negatif numune referanstan daha mavi,

ΔC^* : Kroma kısmı veya doygunluk farkı, pozitif numune referanstan daha net, daha parlak, negatif örnek mat, referanstan daha bulanık.

ΔH^* : Ton bölümü veya gölge farkı

Mutlak değerlerinin (ΔE^*) renk farkının görsel değeri için kıyaslama kriterleri (DIN 5033, 1979) Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. ΔE^* değerlendirmesi için kıyaslama kriterleri (DIN 5033, 1979)

| Toplam renk farkı (ΔE^*) | Görsel renk puanı farkı |
|------------------------------------|-------------------------|
| <0.2 | Algılanamaz |
| 0.2 ila 0.5 | Çok zayıf |
| 0.5 ila 1.5 | Zayıf |
| 1.5 ila 3.0 | Belirgin |
| 3.0 ila 6.0 | Çok belirgin |
| 6.0 ila 12.0 | Güçlü |
| > 12.0 | Çok güçlü |

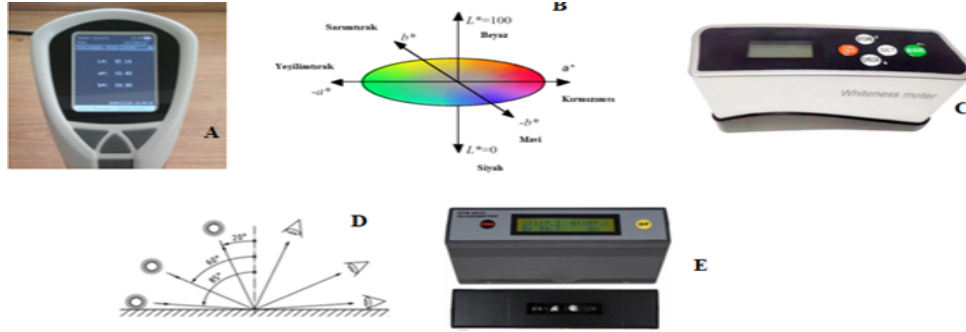
Beyazlık İndeksi Özelliklerinin Belirlenmesi

Bu çalışmada, Whiteness Meter BDY-1 (Şekil 1C) ci-hazının kullanılması beyazlık indeksi (WI^*) değerleri 2 farklı yönde (liflere dik ve paralel) olacak şekilde belirlenmiştir (ASTM E313-15e1, 2015).

Parlaklık Özelliklerinin Belirlenmesi

Parlaklık testleri ISO 2813, (1994) standardının kulla-nılması ile ETB-0833 model gloss meter cihazında üç farklı açıda olacak şekilde (20°, 60° ve 85°) liflere dik ve paralel yönlerde olacak şekilde yapılmıştır (Şekil 1E).

İç ve Dış Mekânda Kullanılan Satinwood ceylon (*Chloroxylon swietenia* DC) Ahşabında Ağartma Uygulamasının Yapılması Üzerine Bir Çalışma



Şekil 1. Renk ölçüm cihazı (A), CIELAB renk uzayı (Molino ve ark., 2013) (B), beyazlık indeksi ölçüm cihazı (C), ölçüm açıları (ISO 2813, 2014) (D) ve parlaklık ölçüm cihazı (E)

İstatistiksel Analiz

Bir istatistik programı ve çalışmaya ait ölçüm değerlerinin kullanılması ile minimum ortalamaları, maksimum ölçüm değerleri, homojenlik grupları, ölçüm değerleri, standart sapmaları, çok değişkenli varyans analizleri ve yüzde (%) değişim oranları hesaplanmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Toplam renk farklılıklarına ait sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, her iki ağartma maddesinde Δa^* (referanstan daha yeşil) ve ΔC^* (örnek mat, referanstan daha bulanık) değerleri negatif olarak belirlenmiştir. ΔE^* değerleri tek komponentlide 0.71 ve çift komponentlide 2.93 olarak belirlenmiştir. ΔL^* değerleri tek komponentlide negatif (referanstan daha koyu) ve çift komponentli pozitif (referanstan daha açık) olarak bulunmuştur. Δb^* değerleri tek komponentlide pozitif (referanstan daha sarı) ve çift komponentli negatif (referanstan daha mavi) olarak elde edilmiştir (Tablo 2). Renk değiştirme kriterleri (DIN 5033, 1979) ile elde edilen çalışma sonuçları kıyaslandığında, tek komponentli ağartıcı “Zayıf (0.5 ila 1.5)” çift komponentli ağartıcı ise “Belirgin (1.5 ila 3.0)” kriterini verdiği görülmektedir. Siğilli huş (*Betula pendula* Roth.) ahşabının asidik (pH 3.5) sulu %35’lik H_2O_2 çözeltisi ile muamele edilmesinden sonra toplam renk farkı değerinin olduğu bildirilmiştir (Mononen ve ark., 2005).

Tablo 2. Toplam renk farklılıklarına ait sonuçlar

| Test | Tek Kom- ponentli | Çift Kom- ponentli | Test | Tek Kom- ponentli | Çift Kom- ponentli |
|--------------|----------------------|-----------------------|--------------|------------------------|------------------------------|
| ΔL^* | -0.35 | 1.86 | ΔC^* | -0.03 | -1.10 |
| Δa^* | -0.56 | -2.23 | ΔH^* | 0.61 | 1.98 |
| Δb^* | 0.25 | -0.40 | ΔE^* | 0.71 | 2.93 |
| | | | Kriter | Zayıf (0.5 ila 1.5) | Belirgin (1.5 ila 3.0) |

Tablo 3’te bütün testler için belirlenmiş olan çok değişkenli varyans analizi sonuçları sunulmuştur. Bu sonuçlara göre, bütün testler için ağartma kimyasalı türü anlamlı olarak elde edilmiştir (Tablo 3).

Tablo 4’te bütün testlere ait belirlenmiş olan ölçüm sonuçları gösterilmektedir. Bu sonuçlara göre; L^* değeri için en yüksek sonuç çift komponentli uygulamaya sahip deney örneklerinde (68.95) elde edilirken, en düşük sonuç tek komponentli uygulamaya sahip deney grubunda (66.74) tespit edilmiştir. L^* değerinde tek komponentlide %0.53 ile azalma ve çift komponentlide %2.77 ile artış belirlenmiştir. a^* değeri için en yüksek sonuç kontrol (ağartılmamış) deney örneklerinde (8.49) bulunurken, en düşük sonuç çift komponentli uygulamaya sahip deney grubunda (6.26) elde edilmiştir. a^* değerinde en düşük azalma oranı %6.61 ile tek komponentlide, en yüksek azalma oranı ise %26.25 ile çift komponentlide tespit edilmiştir. b^* değeri için en yüksek sonuç tek komponentli uygulamaya sahip deney örneklerinde (26.18) görülürken, en düşük sonuç çift komponentli uygulamaya sahip deney grubunda (25.52) belirlenmiştir. b^* değerinde tek komponentlide %0.97 ile artış ve çift komponentlide %1.54 ile azalış elde edilmiştir. C^* değeri için en yüksek sonuç kontrol deney örneklerinde (27.38) görülürken, en düşük sonuç çift komponentli uygulamaya sahip deney grubunda (26.28) bulunmuştur. C^* değerinde en düşük azalma oranı %0.10 ile tek komponentlide, en yüksek azalma oranı ise %4.01 ile çift komponentlide elde edilmiştir. h° değeri için en yüksek sonuç çift komponentli uygulamaya sahip deney örneklerinde (76.21) tespit edilirken, en düşük sonuç kontrol deney grubunda (71.86) görülmüştür. h° değerinde ise en düşük artış oranı %1.80 ile tek komponentlide, en yüksek artış oranı ise %6.06 ile çift komponentlide bulunmuştur. WI^* değerleri liflere dik (\perp) yönde yüksek sonuç çift komponentli uygulamaya sahip deney örneklerinde (25.26) elde edilirken, en düşük sonuç tek komponentli

İç ve Dış Mekânda Kullanılan Satinwood ceylon (Chloroxylon swietenia DC) Ahşabında Ağartma Uygulamasının Yapılması Üzerine Bir Çalışma

uygulamaya sahip deney grubunda (19.44) tespit edilmiştir. W^* değerleri liflere dik (\perp) yönde tek komponentlide %21.04 ile azalış ve çift komponentlide %3.82 ile artış bulunmuştur. W^* değerleri liflere paralel (\parallel) yönde en yüksek sonuç çift komponentli uygulamaya sahip deney örneklerinde (21.96) tespit edilirken, en

düşük sonuç kontrol deney grubunda (16.23) görülmüştür. W^* değerleri liflere paralel (\parallel) yönde en düşük artış oranı %1.66 ile tek komponentlide, en yüksek artış oranı ise %21.96 ile çift komponentlide elde edilmiştir (Tablo 4).

Tablo 3. Bütün testlere ait olan çok değişkenli varyans analizi sonuçları

| Varyans Kaynağı | Test | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Ortalama Kare | F Değeri | $\alpha \leq 0.05$ |
|------------------------|--|-----------------|---------------------|---------------|----------|--------------------|
| Ağartma Kimyasalı Türü | Işıklılık (L^*) değeri | 28.289 | 2 | 14.145 | 290.800 | 0.000* |
| | Kırmızı (a^*) renk tonu değeri | 26.885 | 2 | 13.442 | 326.158 | 0.000* |
| | Sarı (b^*) renk tonu değeri | 2.162 | 2 | 1.081 | 14.483 | 0.000* |
| | Kroma (C^*) değeri | 7.830 | 2 | 3.915 | 29.815 | 0.000* |
| | Ton (h°) açısı değeri | 100.032 | 2 | 50.016 | 307.063 | 0.000* |
| | $\perp 20^\circ$ de parlaklık değeri | 0.069 | 2 | 0.034 | 10.906 | 0.000* |
| | $\perp 60^\circ$ de parlaklık değeri | 0.953 | 2 | 0.476 | 21.118 | 0.000* |
| | $\perp 85^\circ$ de parlaklık değeri | 0.600 | 2 | 0.300 | 16.875 | 0.000* |
| | $\parallel 20^\circ$ de parlaklık değeri | 0.019 | 2 | 0.009 | 6.300 | 0.006* |
| | $\parallel 60^\circ$ de parlaklık değeri | 0.833 | 2 | 0.416 | 71.599 | 0.000* |
| | $\parallel 85^\circ$ de parlaklık değeri | 11.096 | 2 | 5.548 | 304.463 | 0.000* |
| | Beyazlık indeksi dik (\perp) yönde | 217.235 | 2 | 108.617 | 976.254 | 0.000* |
| | Beyazlık indeksi paralel (\parallel) yönde | 209.058 | 2 | 104.529 | 508.978 | 0.000* |
| Hata | Işıklılık (L^*) değeri | 1.313 | 27 | 0.049 | | |
| | Kırmızı (a^*) renk tonu değeri | 1.113 | 27 | 0.041 | | |
| | Sarı (b^*) renk tonu değeri | 2.015 | 27 | 0.075 | | |
| | Kroma (C^*) değeri | 3.545 | 27 | 0.131 | | |
| | Ton (h°) açısı değeri | 4.398 | 27 | 0.163 | | |
| | $\perp 20^\circ$ de parlaklık değeri | 0.085 | 27 | 0.003 | | |
| | $\perp 60^\circ$ de parlaklık değeri | 0.609 | 27 | 0.023 | | |
| | $\perp 85^\circ$ de parlaklık değeri | 0.480 | 27 | 0.018 | | |
| | $\parallel 20^\circ$ de parlaklık değeri | 0.040 | 27 | 0.001 | | |
| | $\parallel 60^\circ$ de parlaklık değeri | 0.157 | 27 | 0.006 | | |
| | $\parallel 85^\circ$ de parlaklık değeri | 0.492 | 27 | 0.018 | | |
| | Beyazlık indeksi dik (\perp) yönde | 3.004 | 27 | 0.111 | | |
| | Beyazlık indeksi paralel (\parallel) yönde | 5.545 | 27 | 0.205 | | |
| Toplam | Işıklılık (L^*) değeri | 137098.067 | 30 | | | |
| | Kırmızı (a^*) renk tonu değeri | 1742.605 | 30 | | | |
| | Sarı (b^*) renk tonu değeri | 20089.129 | 30 | | | |
| | Kroma (C^*) değeri | 21891.637 | 30 | | | |
| | Ton (h°) açısı değeri | 163220.259 | 30 | | | |
| | $\perp 20^\circ$ de parlaklık değeri | 6.410 | 30 | | | |
| | $\perp 60^\circ$ de parlaklık değeri | 76.770 | 30 | | | |
| | $\perp 85^\circ$ de parlaklık değeri | 2.280 | 30 | | | |
| | $\parallel 20^\circ$ de parlaklık değeri | 7.360 | 30 | | | |
| | $\parallel 60^\circ$ de parlaklık değeri | 113.510 | 30 | | | |
| | $\parallel 85^\circ$ de parlaklık değeri | 21.680 | 30 | | | |
| | Beyazlık indeksi dik (\perp) yönde | 16376.720 | 30 | | | |
| | Beyazlık indeksi paralel (\parallel) yönde | 10184.590 | 30 | | | |
| Düzeltilmiş Toplam | Işıklılık (L^*) değeri | 29.602 | 29 | | | |
| | Kırmızı (a^*) renk tonu değeri | 27.997 | 29 | | | |
| | Sarı (b^*) renk tonu değeri | 4.177 | 29 | | | |
| | Kroma (C^*) değeri | 11.375 | 29 | | | |
| | Ton (h°) açısı değeri | 104.430 | 29 | | | |
| | $\perp 20^\circ$ de parlaklık değeri | 0.154 | 29 | | | |
| | $\perp 60^\circ$ de parlaklık değeri | 1.562 | 29 | | | |
| | $\perp 85^\circ$ de parlaklık değeri | 1.080 | 29 | | | |
| | $\parallel 20^\circ$ de parlaklık değeri | 0.059 | 29 | | | |
| | $\parallel 60^\circ$ de parlaklık değeri | 0.990 | 29 | | | |
| | $\parallel 85^\circ$ de parlaklık değeri | 11.588 | 29 | | | |
| | Beyazlık indeksi dik (\perp) yönde | 220.239 | 29 | | | |
| | Beyazlık indeksi paralel (\parallel) yönde | 214.603 | 29 | | | |

*: Anlamlı

İç ve Dış Mekânda Kullanılan Satinwood ceylon (Chloroxylon swietenia DC) Ahşabında Ağartma Uygulamasının Yapılması Üzerine Bir Çalışma

Tablo 4. Renk parametrelerine ve beyazlık indeksi (W^*) değerlerine ait ölçüm sonuçları

| Kimyasal Madde Türü | Değerler | Renk parametreleri | | | | | Beyazlık indeksi | |
|------------------------|---------------------|--------------------|--------|-------|-------|-------|------------------|-----------------|
| | | L^* | a^* | b^* | C^* | h^o | W^*_\perp | W^*_\parallel |
| Kontrol (Ağartılmamış) | Ortalama Sonuç | 67.09 | 8.49 | 25.92 | 27.38 | 71.86 | 24.62 | 16.23 |
| | Ölçüm Sayısı | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | Homojenlik Grubu | B | A* | B | A* | C** | B | B** |
| | Standart Sapma | 0.28 | 0.17 | 0.26 | 0.46 | 0.43 | 0.46 | 0.33 |
| | Minimum Ölçüm | 66.61 | 8.16 | 25.52 | 26.90 | 71.18 | 24.00 | 15.90 |
| | Maksimum Ölçüm | 67.48 | 8.77 | 26.33 | 28.53 | 72.56 | 25.00 | 16.60 |
| | Varyasyon Katsayısı | 0.42 | 2.00 | 1.00 | 1.68 | 0.60 | 1.87 | 2.03 |
| Tek komponentli | Ortalama Sonuç | 66.74 | 7.93 | 26.18 | 27.35 | 73.15 | 19.44 | 16.50 |
| | Ölçüm Sayısı | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | Değişim Oranı (%) | ↓0.53 | ↓6.61 | ↑0.97 | ↓0.10 | ↑1.80 | ↓21.04 | ↑1.66 |
| | Homojenlik Grubu | C** | B | A* | A | B | C** | B |
| | Standart Sapma | 0.18 | 0.22 | 0.29 | 0.32 | 0.38 | 0.32 | 0.28 |
| | Minimum Ölçüm | 66.47 | 7.66 | 25.95 | 27.09 | 72.60 | 19.10 | 16.20 |
| | Maksimum Ölçüm | 67.07 | 8.24 | 26.88 | 28.10 | 73.67 | 19.90 | 17.00 |
| Çift komponentli | Ortalama Sonuç | 68.95 | 6.26 | 25.52 | 26.28 | 76.21 | 25.56 | 21.96 |
| | Ölçüm Sayısı | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | Değişim Oranı (%) | ↑2.77 | ↓26.25 | ↓1.54 | ↓4.01 | ↑6.06 | ↑3.82 | ↑35.30 |
| | Homojenlik Grubu | A* | C** | C** | B** | A* | A* | A* |
| | Standart Sapma | 0.19 | 0.21 | 0.26 | 0.28 | 0.40 | 0.14 | 0.66 |
| | Minimum Ölçüm | 68.63 | 5.76 | 25.13 | 25.89 | 75.72 | 25.40 | 20.90 |
| | Maksimum Ölçüm | 69.28 | 6.51 | 26.11 | 26.90 | 77.22 | 25.70 | 22.80 |
| Varyasyon Katsayısı | 0.28 | 3.35 | 1.02 | 1.07 | 0.52 | 0.55 | 3.01 | |

*: En yüksek değer, **: En düşük değer

Tablo 5. Parlaklık değerlerine ait ölçüm sonuçları

| Kimyasal Madde Türü | Değerler | Liflere Dik Yönde | | | Liflere Paralel Yönde | | |
|------------------------|---------------------|-------------------|--------|--------|-----------------------|--------|--------|
| | | ±20° | ±60° | ±85° | 20° | 60° | 85° |
| Kontrol (Ağartılmamış) | Ortalama Sonuç | 0.48 | 1.82 | 0.40 | 0.46 | 2.16 | 1.44 |
| | Ölçüm Sayısı | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | Homojenlik Grubu | A | A* | A* | B** | A* | A* |
| | Standart Sapma | 0.04 | 0.21 | 0.23 | 0.05 | 0.08 | 0.20 |
| | Minimum Ölçüm | 0.40 | 1.60 | 0.20 | 0.40 | 2.10 | 1.10 |
| | Maksimum Ölçüm | 0.50 | 2.10 | 0.80 | 0.50 | 2.30 | 1.60 |
| | Varyasyon Katsayısı | 8.33 | 11.54 | 57.50 | 10.87 | 3.70 | 13.89 |
| Tek komponentli | Ortalama Sonuç | 0.39 | 1.39 | 0.10 | 0.52 | 1.76 | 0.14 |
| | Ölçüm Sayısı | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | Değişim Oranı (%) | ↓18.75 | ↓23.63 | ↓75.00 | ↑13.04 | ↓18.52 | ↓90.28 |
| | Homojenlik Grubu | B** | C** | B** | A* | C** | B** |
| | Standart Sapma | 0.09 | 0.03 | 0.00 | 0.04 | 0.05 | 0.08 |
| | Minimum Ölçüm | 0.30 | 1.30 | 0.10 | 0.50 | 1.70 | 0.10 |
| | Maksimum Ölçüm | 0.50 | 1.40 | 0.10 | 0.60 | 1.80 | 0.30 |
| Çift komponentli | Ortalama Sonuç | 0.50 | 1.54 | 0.10 | 0.50 | 1.89 | 0.16 |
| | Ölçüm Sayısı | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | Değişim Oranı (%) | ↑4.17 | ↓15.38 | ↓75.00 | ↑8.70 | ↓12.50 | ↓88.89 |
| | Homojenlik Grubu | A* | B | B** | A | B | B |
| | Standart Sapma | 0.00 | 0.14 | 0.00 | 0.00 | 0.09 | 0.10 |
| | Minimum Ölçüm | 0.50 | 1.40 | 0.10 | 0.50 | 1.80 | 0.10 |
| | Maksimum Ölçüm | 0.50 | 1.70 | 0.10 | 0.50 | 2.00 | 0.30 |
| Varyasyon Katsayısı | 0.00 | 9.09 | 0.00 | 0.00 | 4.76 | 62.50 | |

*: En yüksek değer, **: En düşük değer

İç ve Dış Mekânda Kullanılan Satinwood ceylon (*Chloroxylon swietenia* DC) Ahşabında Ağartma Uygulamasının Yapılması Üzerine Bir Çalışma

Ahşap malzeme yüzeylerine farklı ağartıcılar uygulanmadan önceki ve sonraki durumlarına ait olan parlaklık değerlerine ait ölçüm sonuçları Tablo 5'de sunulmuştur. Bu sonuçlara göre, 60° ve 85°'lerde liflere dik ve parlaklık ölçüm değerleri her iki ağartma kimyasalı ile azalmıştır. 20°'de liflere dik ve parlaklık ölçümlerinde farklı durumlar gözlemlenmiştir. 20°'de liflere dik yönde tek komponentlide %18.75 ile azalma ve çift komponentlide %4.17 ile artış görülürken, 20°'de liflere paralel yönde parlaklıkta her iki ağartma maddesi için artışlar (tek komponent: %13.04 ve çift komponent: 8.70) belirlenmiştir (Tablo 5).

Ağartma işlemleri üzerine yapılan çeşitli araştırmalara ait kıyaslamalar Tablo 6'da verilmiştir. Bu Tabloya bakıldığında ahşap malzemeler ait renk parametrelerini çeşitli kimyasallar ile değiştiği görülmektedir. Termomekanik kâğıt hamuru üretiminde H₂O₂ ile ağartmanın hamurdaki odun ekstraktlarının içeriğini azalttığı ve hamur parlaklığını arttırdığı iyi bilinmektedir. İşlem sırasında rengine katkıda bulunan lignin gruplarının bir parçası olan kinonlar oksitlenerek renksiz yapılara dönüşür ve lignindeki koniferil aldehit grupları ve konjuge çift bağ yapıları parçalanır (Lindholm ve ark., 2009).

Tablo 6. Ağartma işlemleri üzerine yapılan çeşitli araştırmalara ait kıyaslamalar

| Ağaç Türü | Ağartma Maddesi | Değişim | | | | | Kaynaklar |
|---|--|---------|----|----|----|----|--------------------------|
| | | L* | a* | b* | C* | h° | |
| Satinwood (<i>Chloroxylon swietenia</i> DC) | Tek komponentli | ↓ | ↓ | ↑ | ↓ | ↑ | Bu çalışma |
| | H ₂ O ₂ + NaOH | ↑ | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ | |
| Ilomba (<i>Pycnanthus angolensis</i> Exell) | Tek komponentli | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | Ayata ve Bal, (2023) |
| | H ₂ O ₂ + NaOH | ↑ | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ | |
| Sapelli (<i>Entandrophragma cylindricum</i>) | Sodyum hipoklorit (NaClO) | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ | Ulay ve Ayata, (2023b) |
| Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L.) | | ↓ | ↑ | ↑ | ↑ | ↓ | Ulay ve Ayata, (2023c) |
| Sipo (<i>Entandrophragma utile</i>) | | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | Ulay ve Ayata, (2023a) |
| Anadolu kestanesi (<i>Castanea sativa</i> Mill.) | | ↓ | ↑ | ↑ | ↑ | ↓ | Ulay ve Ayata, (2023d) |
| Ayous (<i>Triplochiton scleroxylon</i>) | Sodyum hidroksit (NaOH) | ↑ | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ | Lu ve ark., (2023) |
| Ihlamur (<i>Tilia</i> spp.) | | ↑ | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ | |
| Kavak (<i>Populus</i> L.) | | ↑ | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ | |
| Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L.) | | ↓ | ↓ | ↑ | - | - | |
| Doğu kayını (<i>Fagus orientalis</i>) | Hidrojen peroksit (H ₂ O ₂) | ↑ | ↓ | ↑ | - | - | Özçifçi ve Özbay, (2010) |
| Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L.) | | ↑ | ↑ | ↑ | - | - | |
| Doğu kayını (<i>Fagus orientalis</i>) | | ↑ | ↑ | ↑ | - | - | Özçifçi ve Özbay, (2010) |
| Japon melezi (<i>Larix kaempferi</i>) | | ↑ | ↓ | ↑ | - | - | |
| Moğol meşesi (<i>Quercus mongolica</i>) | | ↑ | ↓ | ↑ | - | - | Park ve ark., (2022) |
| Ladin (<i>Picea orientalis</i> L. Link.) | | ↑ | ↓ | ↑ | - | - | |
| Meşe (<i>Quercus sessiliflora</i> Salisb.) | | ↑ | ↓ | ↑ | - | - | Ozcifci ve ark., (2009) |
| Huş (<i>Betula platyphylla</i> Suk.) | | ↑ | ↓ | ↓ | - | - | |
| Bambu (<i>Indosasa angustata</i>) | | ↑ | ↑ | ↑ | - | - | Liu ve ark., (2015) |
| Maritime çamı (<i>Pinus pinaster</i>) | | ↑ | ↓ | ↓ | - | - | |
| Huş (<i>Betula pendula</i>) | | ↑ | ↓ | ↓ | - | - | Nguyen ve ark., (2019) |
| Siğilli huş (<i>Betula pendula</i> Roth.) | | ↑ | ↓ | ↓ | - | - | |
| Tık (<i>Tectona grandis</i>) | | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↓ | Möttönen ve ark., (2003) |
| Saplı meşe (<i>Quercus robur</i>) | | ↑ | ↓ | ↑ | ↑ | ↑ | |
| Huş (<i>Betula pendula</i>) | ↑ | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ | | |
| Akçaağaç (<i>Acer platanooides</i>) | ↑ | ↓ | ↑ | ↑ | ↑ | | |
| Avrupa ladini (<i>Picea abies</i>) | ↑ | ↓ | ↑ | ↑ | ↑ | | |
| | ↑ | ↓ | ↑ | ↑ | ↑ | | |

SONUÇ

- Her iki ağartma maddeleri ile a* ve C* azalış durumunu verirken, W* değerleri liflere paralel (||) yönde ve h° parametresi artış sergilemiştir.
- Çok değişkenli varyans analizleri bütün testlerde anlamlı olarak elde edilmiştir.
- Çalışmada kullanılan ahşap ağartıcılar ile ahşap malzemenin sahip olduğu yüzey özelliklerinde değişiklikler

elde edilmiştir. Değişikliklerde çift komponentli ağartıcı kimyasalı, tek komponentli ağartıcıya kıyasla yüksek sonuç vermiştir. Aynı ağaç türünde tek komponentli kimyasalın renk açmada yetersiz kaldığı görülmüştür. Bu durumun çift komponentli ağartıcının yapısında bulunan sodyum hidroksit (NaOH) ve hidrojen peroksit (H₂O₂) kimyasallarının ahşap malzemenin yapısal ana bileşenlerinden biri olan lignin ile güçlü etkileşiminden dolayı kaynaklandığı düşünülmektedir.

İç ve Dış Mekânda Kullanılan Satinwood ceylon (*Chloroxylon swietenia* DC) Ahşabında Ağartma Uygulamasının Yapılması Üzerine Bir Çalışma

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.
- ASTM E313-15e1, (2015). Standard practice for calculating yellowness and whiteness indices from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Ayata, Ü., Bal, B.C. (2023). Ilomba (*Pycnanthus angolensis* Exell) odununda bazı yüzey özellikleri üzerine çeşitli ağartıcı kimyasallarının uygulanması, European Conferences 2. Uluslararası Sağlık, Mühendislik Ve Uygulamalı Bilimler Kongresi, 4-6 Ağustos 2023 Belgrad, 95-105.
- Charanraj, N., Venkateswararao, P., Vasudha, B., Narender, B. (2019). Phytopharmacology of *Chloroxylon swietenia*: a review. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 9(1): 273-278. DOI: 10.22270/jddt.v9i1.2188.
- Colodette, J.L., Rothenberg, S., Dence, C.W. (1988). Factors affecting hydrogen peroxide stability in the brightening of mechanical and chemimechanical pulps. Part I: Hydrogen peroxide stability in the absence of stabilizing systems. *Journal of Pulp and Paper Science*, 14(6): J126-J132.
- Csiha, C., Papp, E., Valent, J. (2013). The feature of color alteration of bleached oak, beech, and black locust surfaces during artificial xenon radiation. *Wood Material Science & Engineering*, 8(3): 212-218. DOI: 10.1080/17480272.2013.776631.
- Deb, N.K., Dash, G.K. (2013). A review on ethnopharmacology, phytochemistry and bioactivity of *Chloroxylon swietenia*. *Journal of Pharmaceutical and Pharmacological Sciences*, 1(1): 11-20.
- DIN 5033, (1979). Deutsche Normen, Farbmessung. Normenausschuß Farbe (FNF) im DIN Deutsches Institut für Normung eV, Beuth, Berlin März
- Flexner, B. (2005). Understanding wood finishing. 2nd ed., Fox Chapel Publishing, 308 p.
- Hemmasi, K. (2017). The bleaching of decorated flat wood material, *Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика*, 5(5): 22-27.
- ISO 2813, (1994). Paints and varnishes - determination of specular gloss of non-metallic paint films at 20 degrees, 60 degrees and 85 degrees, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- ISO 2813, (2014). Paints and varnishes - Determination of gloss value at 20°, 60° and 85°, Standard, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- Jana, G.K., Gupta, A., Das, A., Tripathy, A., Sahoo, P. (2010). Herbal treatment to skin diseases: A Global Approach. *Drug Invention Today*, 2(8): 381-384.
- Kiran, S.R., Bhavani, K., Devi, P., Rajeswara Rao, B.R., Reddy, J.K. (2006). Composition and larvicidal activity of leaves and stem essential oils of *Chloroxylon swietenia* DC against *Aedes aegypti* and *Anopheles stephensi*. *Bioresource Technology*, 97: 2481-2484.
- Kiran, S.R., Devi, P.S., Reddy, K.J. (2008). Evaluation of in vitro antimicrobial activity of leaf and stem essential oils of *Chloroxylon swietenia* DC. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 24: 1909-1914.
- Kirtikar, K.R., Basu, B.D. (2001). Indian Medicinal Plants. 2nd Edition, Oriental Enterprises, Uttaranchal, 8: 2604.
- Lange, D.R. (1999). Fundamentals of Colourimetry - Application Report No. 10e. DR Lange: New York, NY, USA.
- Lindholm, C., Jäkärä, J., Mårtens, H. (2009). Bleaching of mechanical pulps, In *Mechanical Pulping* (pp. 360-398). Helsinki, Finland: Paper Engineers' Association.
- Liu, Y., Guo, H., Gao, J., Zhang, F., Shao, L., Via, B.K. (2015). Effect of bleach pretreatment on surface discoloration of dyed wood veneer exposed to artificial light irradiation. *BioResources*, 10(3): 5607-5619. DOI: 10.15376/biores.10.3.5607-5619.
- Lu, D., Xiong, X., Lu, G., Gui, C., Pang, X. (2023). Effects of NaOH/H₂O₂/Na₂SiO₃ bleaching pretreatment method on wood dyeing properties. *Coatings*, 13(2): 233. DOI: 10.3390/coatings13020233.
- Mehats, J., Castets, L., Grau, E., Grelier, S. (2021). Homogenization of maritime pine wood color by alkaline hydrogen peroxide treatment. *Coatings*, 11(7): 839. DOI: 10.3390/coatings11070839.
- Molino, J.A., Kennedy, J.F., Beuse, P.A., Miller, C.C., Davis, W., Andersen, C.K. (2013). Daytime color appearance of retroreflective traffic control sign materials (No. FHWA-HRT-13-018). United States. Federal Highway Administration.
- Mononen, K., Jääskeläinen, A.S., Alvila, L., Pakkanen, T.T., Vuorinen, T. (2005). Chemical changes in silver birch (*Betula pendula* Roth) wood caused by hydrogen peroxide bleaching and monitored by color measurement (CIELab) and UV-Vis, FTIR and UVR spectroscopy. *Holzforchung*, 59: 381-388. DOI: 10.1515/HF.2005.063.
- Möttönen, V., Asikainen, A., Malvaranta, P., and Öykkönen, M. (2003). Peroxide bleaching of parquet blocks and glue lams. *Holzforchung*, 57(1): 75-80. DOI: 10.1515/HF.2003.012.
- Nguyen, Q.T., Nguyen, T., Nguyen, N.B. (2019). Effects of bleaching and heat treatments on *Indosasa angustata* bamboo in Vietnam. *Bioresources*, 14(3): 6608-6618. DOI: 10.15376/biores.14.3.6608-6618.
- Ozcifci, A., Yapici, F., Altun, S., Toker, H., Baysal, E., Senel, A., Simsek, H. (2009). Glossiness, color stability, and surface roughness of wood treated with some bleaching chemicals. *Wood Research*, 54(2): 83-94.
- Özçiğci, A., Özbay, G. (2010). Impacts of bleaching chemicals and outdoor exposure on changes in the color of some varnished woods. *BioResources*, 5(2): 586-597. DOI: 10.3969/j.issn.1000-2006.2014.03.024.
- Park, K.C., Kim, B., Park, H., Park, S.Y. (2022). Peracetic acid treatment as an effective method to protect wood discoloration by UV light. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, 50(4): 283-298. DOI: 10.5658/WOOD.2022.50.4.283.
- Parotta, A.J. (2001). Healing plants of Peninsular India, CABI Publishing Company, USA, 636-637.
- Reddy, K.N., Trimurthulu, G., Reddy, C.S. (2008). Medicinal plants used by ethnic people of Medak district, Andhra

İç ve Dış Mekânda Kullanılan Satinwood ceylon (*Chloroxylon swietenia* DC) Ahşabında Ağartma Uygulamasının Yapılması Üzerine Bir Çalışma

- Pradesh. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 9(1): 184-190.
- Sampath Kumar, G.V., Anusha, N., Ramadevi, D. (2014). Pharmacognostic and preliminary phytochemical studies on leaf extracts of *Chloroxylon swietenia*. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, 6(3): 492-498.
- Sivakumar, T., Kanagasabai, R., Sampathkumar, R., Perumal, P., Gupta, P.M., Mazumder, U.K. (2008). 11th NAP-RECA Symposium Book of Proceedings, Antananarivo, Madagascar, 201-13.
- TS ISO 13061-1, 2021. Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri - Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri - Bölüm 1: Fiziksel ve mekanik deneyler için nem muhtevasının belirlenmesi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Ulay, G., Ayata, Ü. (2023a). Farklı uygulama yöntemleri kullanılarak iç mekân temizlik kimyasalı ile muamele edilmiş sipo (*Entandrophragma utile*) odununda renk parametrelerinin araştırılması, ICHEAS 4. Uluslararası Sağlık, Mühendislik Ve Uygulamalı Bilimler Kongresi, 14-16 Nisan 2023, Dubai, 24-31.
- Ulay, G., Ayata, Ü. (2023b). İç mekân temizlik kimyasalına maruz kalmış sapelli (*Entandrophragma cylindricum*) odununda renk parametrelerinin incelenmesi, Duvar Kıtapevi, Küreselleşen Dünyada Ziraat, Orman Ve Su Ürünleri, Editör: Prof. Dr. Alaeddin BOBAT, Bölüm Sayfaları: 61-75. ISBN: 978-625-6945-39-5.
- Ulay, G., Ayata, Ü. (2023c). Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odununda renk parametreleri üzerine sodyum hipoklorit (NaClO) kimyasalının etkisi, Karadeniz 12. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi, 3-5 Mart 2023, Rize, 380-388.
- Ulay, G., Ayata, Ü. (2023d). Isıl işlem görmüş Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) odununda bazı yüzey özellikleri üzerine çeşitli kimyasalların etkileri, Latin Amerika 5. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi, Medellin, 17-19 Mart 2023, 114-124.
- Vajjiram, C., Kalimuthu, K., Saravanan, M. (2018). Isolation and identification of phytochemical constituents from various polar solvent crude leaf extracts of vulnerable aromatic tree - *Chloroxylon swietenia* DC. *World Journal of Pharmaceutical Research*, 7(10): 983-1013. DOI: 10.20959/wjpr201810-12363.
- Venkata Subbaiah, K.P., Savithamma, N. (2011). BioProspecting and documentation of traditional medicinal plants used to treat itching, psoriasis and wounds by ethnic groups of Kurnool District, Andhra Pradesh, India. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(17): 4087-4093.
- Wang, H., He, Z., Ni, Y. (2008). A kinetic model of the magnesium hydroxide-based peroxide bleaching process of a TMP. *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 28(1): 55-65. DOI: 10.1080/02773810801916514.
- Wekesa, M., Ni, Y. (2003). Further understanding of the chemistry of manganese-induced peroxide decomposition. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 81(5): 968-972. DOI: 10.1002/cjce.5450810507.
- Yamamoto, A., Rohumaa, A., Hughes, M., Vuorinen, T., Rautkari, L. (2017). Surface modification of birch veneer by peroxide bleaching. *Wood Science and Technology*, 51: 85-95. DOI: 10.1007/s00226-016-0880-7.
- Zhu, M., Li, T., Davis, C.S., Yao, Y., Dai, J., Wang, Y., AlQatari, F., Gilman, J.W., Hu, L. (2016). Transparent and haze wood composites for highly efficient broadband light management in solar cells. *Nano Energy*, 26: 332-339. DOI: 10.1016/j.nanoen.2016.05.020.

Effects of Different Growing Media on Seedling Quality in Organic Seedling Production

Gizem FADILLIOĞLU ¹, Sevinç BAŞAY ^{2*}¹Institute of Sciences, Bursa Uludag University, Bursa, Turkey²Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Bursa Uludag University, Bursa, Turkey

Geliş Tarihi (Received): 27.05.2023, Kabul Tarihi (Accepted): 19.09.2023

✉ Sorumlu Yazar (Corresponding author*): sevincbasay@uludag.edu.tr

☎ +90 224 2941474 📠 +90 224 2941478

ABSTRACT

This study was carried out with the aim of determining the utilizability of farm manure (FM), Enriched Media (EM), organic peat (P) and zeolite (Z) as organic seedling growing medias and then determining the effects of media on seedling quality. Organic eggplant and tomato seedling were produced with manure, enriched media, organic peat and zeolite in different ratios (FM+P (1:1), FM+Z (3:1), P+Z (3:1), EM+P (1:3), EM+Z (3:1), FM+P+Z (1:2:1), EM+P+Z (1:2:1)). Conventional seedlings were produced in commercial peat media. The effects of these various media on seedling quality were investigated in this study. When we look at the effects of the medias on the seedling quality parameters, it was determined that the FM+P media gave better results in the seedling root length, while it was determined that the stem length changed according to the species and years. In all other quality parameters, it was determined that generally, the EM+P media gave the best results. Among the environments used in the study, the EM+P media in seedling cultivation can be recommended both to increase the success of seedling production and to reduce the use of organic peat, which is difficult to find and has limited reserves and sustainability.

Keywords: Enriched media, farm manure, organic peat, [seedling quality](#), zeolite

Organik Fide Üretiminde Farklı Ortamların Fide Kalitesine Etkisi

ÖZ

Bu çalışma, organik fide yetiştirme ortamları olarak çiftlik gübresi (ÇG), Zenginleştirilmiş Ortam (ZO), organik torf (T) ve zeolitin (Z) kullanılabilirliğini belirlemek ve ardından ortamların fide kalitesine etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Farklı oranlarda (ÇG+T (1:1), ÇG+Z (3:1), T+Z (3:1), ZO+) gübre, zenginleştirilmiş ortam, organik torf ve zeolit ile organik patlıcan ve domates fidesi üretilmiştir. T (1:3), ZO+Z (3:1), ÇG+T+Z (1:2:1), ZO+T+Z (1:2:1)). Ticari torf ortamında geleneksel fideler üretilmiştir. Bu çalışmada çeşitli ortamların fide kalitesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ortamların fide kalite parametreleri üzerindeki etkilerine bakıldığında fide kök uzunluğunda ÇG+T ortamının daha iyi sonuç verdiği belirlenirken, sap uzunluğunun tür ve yıllara göre değiştiği belirlenmiştir. Diğer tüm kalite parametrelerinde genel olarak ZO+T ortamının en iyi sonuçları verdiği belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan ortamlar arasında fide yetiştiriciliğinde ZO+T ortamı hem fide üretim başarısını artırmak hem de bulunması zor, rezervleri ve sürdürülebilirliği sınırlı olan organik torf kullanımını azaltmak için önerilebilir.

Anahtar kelimeler: Zenginleştirilmiş ortam, çiftlik gübresi, organik torf, fide kalitesi, zeolit

INTRODUCTION

Today, the world population is increasing rapidly and it is estimated that the population will reach 9.3 billion people in 2050. Population growth, increased nutritional needs, and unconscious and excessive use of agricultural inputs have brought along important pollution problems in agricultural areas. With the emergence of environmental problems, alternative agricultural systems have been sought and agricultural production systems that do not disturb the natural balance and do not pollute the environment have gained importance. Organic production is one of them (Tan, 2014).

Organic farming results in much higher yields under water-scarce conditions than conventional farming (Gomiero et al., 2011). Because of its greater ability to store carbon in the soil, it is thought that organic farming, if adopted on a large scale, could represent a way to reduce CO₂ use. Next, the impact on biodiversity is highlighted: organic farming systems often accommodate more plant and animal biodiversity than conventional systems. Looking to the future of organic farming, there is clearly a need for more research and investment to explore the potential of organic farming to reduce the environmental impact of farming practices; however, the consequences of decreased productivity for the socio-economic system should also be taken into account and appropriate agricultural policies developed (Gomiero et al., 2011).

In recent years, the number of organic farming areas and producers has been increasing around the world. With the increase in demand for organic products, the need for organic seedlings comes to the fore. Along with that; organic seedling demand is not enough to fill the existing areas of seedling companies with organic seedlings. In addition, since organic and conventional seedling production cannot be done in the same area, seedling companies do not engage in organic seedling production and it is very difficult for producers to reach organic seedlings. It is known that if it is ordered in advance for organic seedling production, it is produced by very few companies, and in general, the producer himself has to produce seedlings. One of the most important issues in organic seedling production is the growing environment, it affects seedling emergence, seedling growth, and quality of seedlings. These media are all solid sources other than soil, which, individually or in combination, do better than agricultural soil. Growing media, by taking over the function of the soil, provides aeration of the seedling root system, creates a water and nutrient media for the plant, and therefore it is of great importance to choose the best media for seedling productivity (Ahmed, 2017; Balliu et al.,

2017). The election of the substrate in organic agriculture is critical to the correct development of the plant, especially when traditional plant varieties are used (Olaria et al., 2016).

The use of a single medium may not meet the actual needs of the plant and it is more appropriate to use the mediums as a mixture. The use of organic materials in the mixing of media increases its permeability, contributes to mineral particle aggregation and acidity correction (Luqui et al., 2019). Various studies have shown that seed germination, seedling emergence, development, and quality of plants depend on the quality of the growing media (Mathowa et al., 2017; Pascual et al., 2018). The quality of the seedling directly affects the yield and product quality. Farmers need high-quality seedlings to get products in a shorter time. In addition, high-quality seedlings are tolerant to abiotic and biotic stresses, while guaranteeing the yield and harvest quality of the crop (Ronga et al., 2021). The best productions are achieved with seedlings of quality. Thus, seedling production requires technologies, such as new substrates and containers that provide healthy and vigorous plants for the formation of seedbeds (Costa et al., 2012; Tüzel et al., 2020). The best growing media should be a mixture that will meet the needs of the seedling. Various mixtures prepared from different materials are used by seedling companies after being determined by preliminary trials. Although prepared seedling growing media may be beneficial for one plant, it may not be beneficial for others. For this reason, by preparing various mixtures, it is necessary to determine the most suitable growing media mixtures that will meet the demands of most vegetables or the most suitable growing media mixtures separately for each species (Demirsoy, 2004). In a study done; the best seedling performance was obtained with 3:3:2:2 ratio growing media of composted manure, peat, perlite, and vermiculite (Li et al., 2022). High-quality seedlings are a valuable product that can improve the early formation of crops, while increasing the quality, homogeneity and yield of the final product, and shortening the production time (Park et al., 2022). Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) and eggplant (*Solanum melongena* L.) are two important members of the Solanaceae family, which are known and widely used around the world. They are widely consumed because of their nutritional and medicinal value (Çolpan et al., 2013; Kim et al., 2014; Haska et al., 2022). The aim of this study was to determine the use of organic peat, zeolite, farm manure, solid media as an alternative seedling growing media in organic and conventional seedling production of eggplant and tomato species, which are common in our country, and to determine the performance of seedlings grown in organic

peat and different media mixtures in terms of seedling quality.

MATERIAL AND METHODS

This study was carried out between 2020-2021 years. Research site, plant variety, media preparation, seedling cultivation, cultural processes, measurement and analysis are given below.

Research site

The study was conducted at Bursa Uludağ University (Universities place category with the GPS coordinates of 40° 13' 8.0364" N and 28° 52' 12.0036" E.). Faculty of Agriculture, Research and Experiment Field, in Turkey.

Plant variety

In the study, "pala-49" variety in eggplant (*Solanum melongena* L.) and "H-2274" variety in tomato (*Lycopersicon esculentum* M.) species were used.

Growing media preparation

Organic and conventionally grown eggplant seedlings, farm manure (FM), enriched medium (20% vegetable compost, 70% biologically activated fermented farm manure, 5% vermicompost mixture, natural enzymes from earthworms, 5% Leonardite, liquid humic-fulvic acids and rooting bacteria) (EM), organic peat (P) and zeolite (Z) in different ratios of P + Z (3:1), EM + P (1:3), FM+ P + Z (1:2:1), FM+P (1:1), EM+P+Z(1:2:1), FM+Z (3:1)) and EM + Z (3:1) grown in media obtained from mixtures.

Seedling cultivation and cultural processes

In the seedling greenhouse; seeds were sown in viols filled with various growing media. Cultural care of the seedlings is done regularly, after germination and observation of true leaf emergence, commercial fertilizer (15:15:15) was applied in conventional viol. Farm manure sherbet was given to the organic viols by irrigation twice, with an interval of fifteen days. Fertilizer syrup was obtained by diluting fully burned farm manure with 1/6 water (rested for two days, chlorine evaporated, sediment settled to the bottom).

Measurement and analysis

The study was planned in a randomized plot design with three replications. When the seedlings reached the planting height (cm), fresh and dry weight (g), number of true leaves (number/plant), root-stem lengths (cm) were measured in seedlings. The variance analyzes of the results obtained from the study were determined using the SPSS 23 program, and the statistical differences between the results were determined by the DUNCAN test ($P \leq 0.05$).

RESULTS AND DISCUSSION

Measurements were made when eggplant and tomato seedlings were ready for planting. As a result of the measurements, it was observed that the medias were statistically significant at the $p \leq 0.05$ level in terms of root length in organic and conventional seedlings, eggplant and tomato seedlings in the 1st and 2nd years. In the first year of the experiment, eggplant seeds did not germinate in EM +Z media. When all media were compared, in the eggplant seedling, the highest root length was observed at 16.06 cm in the 1st year and 15.65 cm in the 2nd year in the FM+P media. While the highest root length, in tomato seedlings was observed at 13.90 cm in its conventional media, in the 2nd year was observed at 17.92 cm in FM+P+Z media (Figure 1).

Effects of Different Growing Media on Seedling Quality in Organic Seed-ling Production

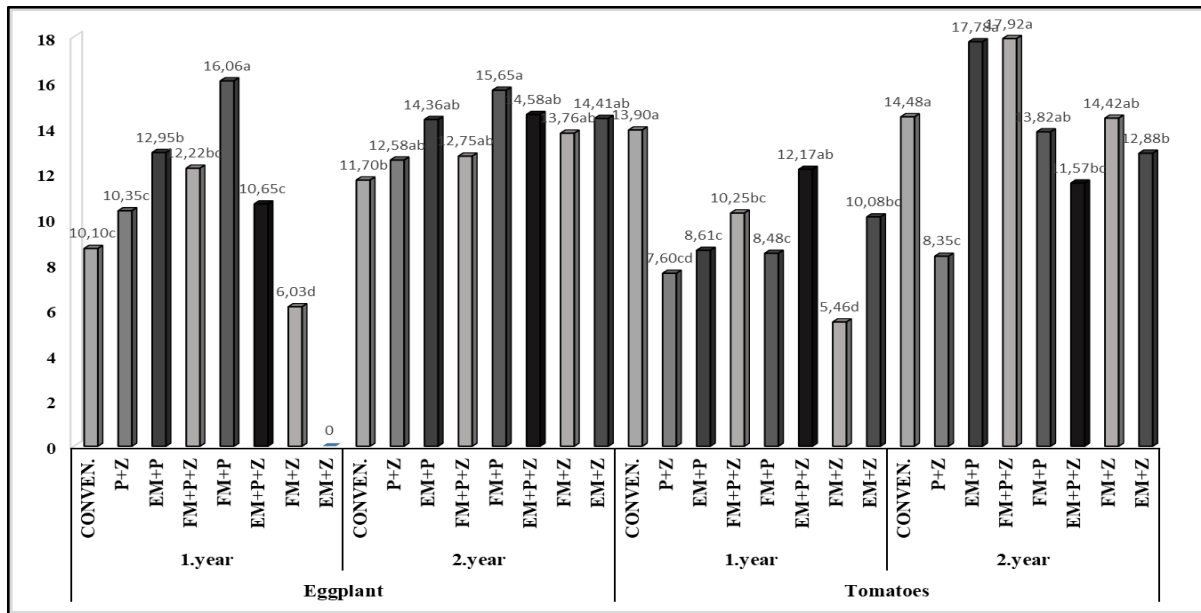


Figure 1. Effect of different growing medias on seedling root length (cm) of eggplant and tomato seedlings

According to these results; In general, it can be said that FM+P medium has a positive effect on seedling root length in eggplant. It can be said that EM+P+Z medium has a positive effect on seedling root length at 1. year, however FM+P+Z at 2. year in tomatoes. The results of this study are similar to the results of other studies. Baran et al. (1996) reported that with the increase in the peat ratio in the seedling mixtures, aeration and drainage conditions, which are the basic conditions of good development for plants, are provided in the best way due to the increase in the total void volume. Likewise, Polat et al. (2017) stated that the mixture of peat and peat:perlite (1:1) gave ideal results in terms of seedling growth. Ünal (2013) said that the highest tomato seedling root length was 13.87 cm in media containing peat-barnyard manure-perlite (2:1:1) and peat-sand-NPK (2:2:15 kg/da). Yılmaz et al. (2018) stated that they obtained the highest seedling root length of 15.00 cm from the control media, peat. Jeevitha et al. (2019) determined the highest seedling root length value as 5.68 cm in 75% vermicompost + 25% farm manure media. Atif et al. (2016) reported that optimum growth was observed in tomato seedlings with the use of peat, compost and conventional

application media in equal proportions. Manh et al. (2014) reported that using a substrate in which vermicompost, rice husk ash and coconut husk mixture were mixed at a ratio of 1:1:1, respectively, they obtained the highest germination rate and plant height value in muskmelon.

Stem length

As a result of the evaluations made in terms of eggplant seedling stem length, it was found that the media was statistically significant at the $p \leq 0.05$ level in the 1st year, while it was insignificant in the 2nd year. In terms of tomato seedling stem length, the media were found to be statistically significant at the $p \leq 0.05$ level in 1 and 2 years. Accordingly, the highest stem length of eggplant seedlings was determined in the first year with 8.69 cm in the conventional seedling medium. While the highest stem length in tomato was determined in the 1st year with 13.33 cm in FM+P media, it was determined in the 2nd year with 14.93 cm in EM+P+Z media (Figure 2).

Effects of Different Growing Media on Seedling Quality in Organic Seed-ling Production

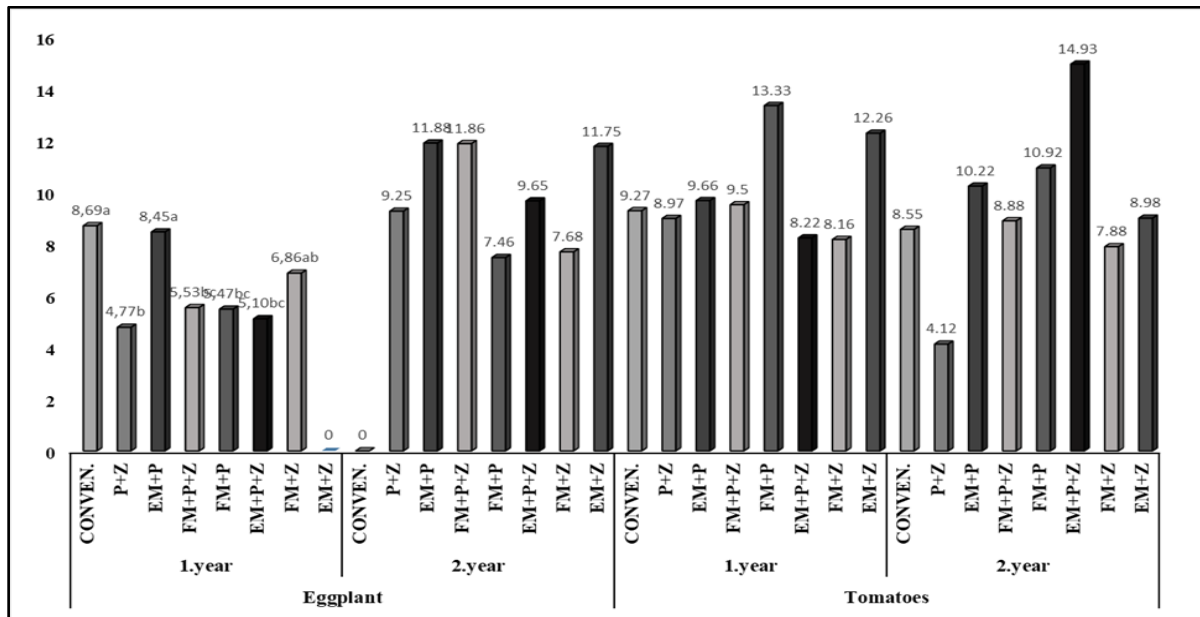


Figure 2. Effect of different growing medias on seedling stem length (cm) of eggplant and tomato seedlings

The results of this study are similar to the results of other studies. Varış et al. (2004) stated that they obtained the highest result in tomato seedling length from peat-perlite (3:1), seedling media. Kurtar (2013) stated that some summer vegetables such as watermelon, melon, cucumber, summer squash, pumpkin and chestnut squash in organic seedling cultivation, determined the highest stem length of 21.5 cm in the chestnut squash seedling in the conventional system. Tüzel et al. (2015) said that; among the organic sources, farmyard manure is the most important as it contains all the nutrients needed for growth including trace elements, albeit in small quantities.

Number of true leaves

In terms of the number of true leaves, the differences between environments in eggplant were found to be statistically significant at the level of $p \leq 0.05$ in the 1st year, but insignificant in the 2nd year. In terms of the number of tomato true leaves, it was observed that the environments were statistically significant at the $p \leq 0.05$ level in the 1st and 2nd years. The highest number of leaves in the eggplant seedling was determined as 3.85 (number/plant) in EM+P media. While the highest number of leaves in tomato was detected in the 1st year with 4.38 (number/plant) in FM+P media, in the second year it was determined with 6.67 (number/plant) in EM+P+Z media (Figure 3).

Effects of Different Growing Media on Seedling Quality in Organic Seed-ling Production

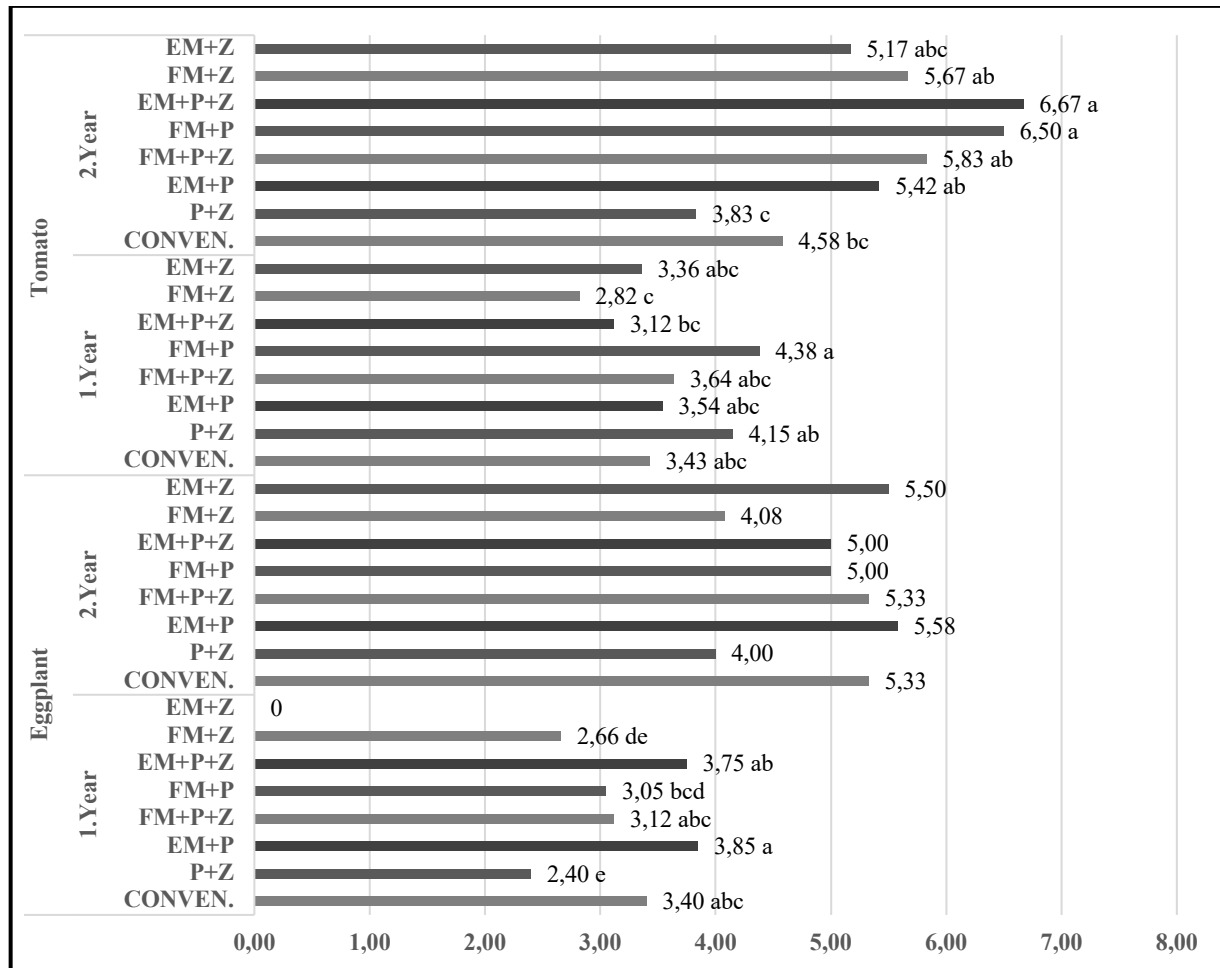


Figure 3. Effect of different growing medias on number of true leaves (number/plant) of eggplant and tomato seedlings

It is seen that different species give different results according to different media and years in number of true leaves. The results of this study are similar to the results of other studies. Varış et al. (2004) stated that while the highest number of seedling true leaves in tomatoes was obtained from the normal cinder-slag (1:1) media, they obtained the lowest true leaf number from the soil mortar (1:1:2) media. Demir et al. (2010) have expressed, as a result of the study of pepper seedlings grown in zeolite, peat, perlite, and their mixtures in different ratios determined that the highest true leaf number was 6.53 in 6P + 4Z (60% peat + 40% zeolite) medium. Demir et al. (2014) used zeolite, peat, perlite and various mixtures of these materials as growing media in their studies aiming to determine the effect of zeolite on seedling quality and plant nutrient content of cabbage. They stated that they determined the highest number of true leaves with 5.59 from 7P + 3Z (70% peat + 30% zeolite) media. Çinkılıç (2008) stated that

in the production of cucumber seedlings, the highest number of true leaves was determined with 5.00 pieces in ground grape marc+ 25% perlite media.

Seedling root fresh and dry weights

In organic and conventional seedling production, in the 1st and 2nd years, it was determined that the media were statistically significant at $p \leq 0.05$ in terms of seedling root fresh of eggplant and tomato seedlings. While the highest root fresh weight was determined as 4.02 g in the 1st year in the eggplant seedling, the highest root fresh weight was determined in the 2nd year with 1.93 g in the EM+P media. The highest root dry weight was detected in the EM+P media with 0.54 g in the 1st year and 0.27 g in the 2nd year. While the highest root fresh weight in tomato seedlings was seen in the conventional media with 4.01 g, it was determined in the EM+P media with 1.29 g in the 2nd year. Again,

Effects of Different Growing Media on Seedling Quality in Organic Seed-ling Production

the highest root dry weight in tomato seedlings was determined as 0.57 g in FM+P+Z media in the 1st year,

while it was determined in EM+P+Z media with 0.12 g in the 2nd year (Table 1).

Table 1: Eggplant, tomato seedlings root fresh weights (g), root dry weights (g), I. and II. year measurements

| Media | Eggplant | | | | Tomato | | | |
|--------|------------------------|----------|----------------------|----------|------------------------|----------|----------------------|----------|
| | Root fresh weights (g) | | Root dry weights (g) | | Root fresh weights (g) | | Root dry weights (g) | |
| | I. Year | II. Year | I. Year | II. Year | I. Year | II. Year | I. Year | II. Year |
| Conv. | 4,02 a* | 0,99 e | 0,52 a | 0,13 d | 4,01 a* | 0,42 d | 0,42 ab | 0,006 d |
| P+Z | 0,41 c | 1,15 c | 0,10 c | 0,09 e | 0,78 bc | 0,04 g | 0,25 abc | 0,013 d |
| EM+P | 3,63 ab | 1,93 * | 0,54 a* | 0,27 a* | 1,50 abc | 1,29 a* | 0,33 abc | 0,09 b |
| FM+P+Z | 1,73 abc | 1,09 d | 0,35 ab | 0,22 b | 3,59 ab | 0,27 f | 0,57 a* | 0,06 c |
| FM+P | 0,98 bc | 0,89 g | 0,25 bc | 0,16 c | 0,22 c | 0,42 d | 0,03 c | 0,08 b |
| EM+P+Z | 0,51 c | 0,91 f | 0,14 bc | 0,14 d | 1,74 abc | 0,64 b | 0,27 abc | 0,12 a* |
| FM+Z | 0,22 c | 0,73 h | 0,06 c | 0,16 c | 2,46 abc | 0,39 e | 0,38 abc | 0,06 c |
| EM+Z | - | 1,34 b | - | 0,21 b | 0,86 bc | 0,59 c | 0,12 bc | 0,06 c |

* The letters indicate different groups at the $p \leq 0.05$ level.

According to these results; While it can be said that EM+P media has a positive effect on the root fresh and dry weight of eggplant seedlings, we can talk about the positive effect on tomato seedling root fresh and dry weight due to the presence of P+Z media in the mixtures with the highest values in both years. Çaycı et al. (1998) stated that they obtained the highest root dry weight in the tomato H-2274 variety from the control group (100% peat). This result is in agreement with our findings. Ahmed (2017) stated that the highest root fresh weight of 1.60 g was obtained only from peat medium, and the highest root dry weight was obtained from only peat medium with 0.12 g. Namal (2019) declared that the highest seedling root dry weight in tomato is obtained from mixture (70% peat + 10% zeolite + 10% diatomite + 10% vermicompost (1.32 g), and 70% peat + 15% zeolite + 15% vermicompost (1.13 g).) Olaria et al. (2016), while the highest root fresh weight was determined in pepper with 0.71 g, in S3 (60% peat + 30% vermicompost + 10% perlite) media, they stated that they determined the highest root dry weight with 74.11 mg in S3 (60% peat + 30% vermicompost + 10% perlite) media.

Stem fresh and dry weights

Organic and conventional seedling production were found to be statistically significant at $p \leq 0.05$ level in terms of the stem fresh and dry weight of eggplant and tomato in the 1st and 2nd years. According to the measurements made in the 1st and 2nd years of the eggplant seedling in terms of stem fresh and dry weight; while the highest stem fresh weight was determined in the conventional media with 8.36 g in the 1st year, it was observed in the EM+P media with 9.12 g in the 2nd year. The highest stem dry weight was determined in EM+P media with 1.38 g and 1.23 g in the 1st and 2nd years, respectively. This situation is similar to root fresh and dry weight. According to the measurements; while the highest fresh stem weight in tomato seedlings was determined at 11.00 g in FM+P+Z media in the 1st year, it was determined in EM+P+Z media with 3.63 g in the 2nd year. While the highest stem dry weight was determined as 1.61 g in FM+P+Z media in the 1st year, it was detected in the EM+P+Z media with 0.47 g in the 2nd year (Table 2).

Effects of Different Growing Media on Seedling Quality in Organic Seed-ling Production

Table 2: Eggplant, tomato seedlings stem fresh weights (g), stem dry weights (g), I. and II. year measurements

| Media | Eggplant | | | | Tomato | | | |
|--------|------------------------|----------|----------------------|----------|------------------------|----------|----------------------|----------|
| | Stem fresh weights (g) | | Stem dry weights (g) | | Stem fresh weights (g) | | Stem dry weights (g) | |
| | I. Year | II. Year | I. Year | II. Year | I. Year | II. Year | I. Year | II. Year |
| Conv. | 8,36 a* | 2,29 f | 1,34 a | 0,37 f | 7,35 ab | 1,37 e | 1,43 a | 0,32 b |
| P+Z | 1,14 c | 2,14 g | 0,21 b | 0,31 g | 5,65 ab | 0,23 h | 0,77 ab | 0,04 d |
| EM+P | 8,20 a | 9,12 a* | 1,38 a* | 1,23 a* | 6,88 ab | 1,77 c | 0,89 ab | 0,23 cd |
| FM+P+Z | 3,54 b | 5,54 b | 0,70 b | 0,76 b | 11,00 a* | 1,25 f | 1,61 a* | 0,17 d |
| FM+P | 2,71 b | 2,76 e | 0,43 b | 0,45 e | 2,63 bc | 1,93 b | 0,30 b | 0,27 bc |
| EM+P+Z | 2,72 b | 2,84 d | 0,42 b | 0,47 d | 4,93 b | 3,63 a* | 0,71 ab | 0,47 a* |
| FM+Z | 1,60 b | 1,52 h | 0,24 b | 0,26 h | 6,93 ab | 1,19 g | 1,02 ab | 0,17 d |
| EM+Z | - | 5,40 c | - | 0,62 c | 9,90 a | 1,51 d | 1,01 ab | 0,20 d |

* The letters indicate different groups at the $p \leq 0.05$ level.

Based on these results; While it can be said that EM+P media has a positive effect on the eggplant stem fresh and dry weight in general. On the tomato seedling root fresh and dry weight has been seen the positive effect of the FM+P+Z media in the 1st year and the positive effect of the EM+P+Z media in the 2nd year. In addition, we can talk about the positive effect due to the presence of P+Z environment in the mixtures with the highest values in tomato seedling root fresh and dry weight. Demirsoy (2004), in the seedling media study; stated that the best results for the eggplant root dry weight were obtained from the forest soil media. Mininni et al. (2012) stated that they observed that the fresh and dry weights of the seedlings increased depending on the increasing compost ratios of the medias. Ünal (2013) said that peat-stable anureperlite, peat-sand-NPK, peat-stable manure and peat gave positive results for tomato and pepper seedlings growth. Tüzel et al. (2015) said that; liquid composted farmyard manure could be more suitable for commercial use considering its effects on plant fresh weight, availability, and cost. Sönmez et al. (2016) the effects of spent mushroom compost used in growing media on the seedling quality and nutrient contents of eggplant (*Solanum melongena*) were determined under greenhouse conditions. Costa et al. (2011) evaluated the effect of vermiculite and crushed cassava stems, both pure and as a mixture, on eggplant-seedling growth. At the end of this study; the media mixtures of vermiculite and cassava stems, between 40 and 60%, are the best substrate for eggplant seedlings.

CONCLUSIONS

When we look at the eggplant and tomato seedling quality parameters, it was determined that FM+P media gave better results in the seedling root length, in all other quality parameters, it was determined that EM+P media gave the best results. Among the environments used in the study, EM+P environment in seedling cultivation can be recommended both to increase the success of seedling production and to reduce the use of organic peat, which is difficult to find and has limited reserves.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was carried out in the rapid support project HDP(Z)-2020/14 through Bursa Uludağ Scientific Research Projects Unit (BAP), at the same time produced from the Master's Thesis titled "The Effects Of Different Environments In Organic Seedling Production On Some Parameters In Eggplant, Tomato and Pepper Cultivation".

REFERENCES

- Ahmed, G.O. (2017). Farklı topraksız yetiştirme ortamlarının bazı Solanaceae sebzelerinin fide kalitesi üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Bingöl. Dergisi, 6, 17-22.

Effects of Different Growing Media on Seedling Quality in Organic Seed-ling Production

- Atif, M.J., Jellani, G., Malik, M.H.A., Saleem, N., Ullah, H., Khan, M.Z., Ikram, S. (2016). Different growth media effect the germination and growth of tomato seedlings. *Science, Technology and Development* 35 (3): 123-127.
- Balliu, A., Sallaku, G., Nasto, T. (2018). Nursery management practices influence the quality of vegetable seedlings. *Italus Hortus* 24 (3), 2017: 39-52.
- Baran, A., Çaycı, G., Öztürk, H.S., Ataman, Y., Özkan, İ. (1996). Farklı ortamlarda yetiştirilen biber bitkisi (*Capsicum annuum* L.)nin kök parametrelerindeki değişimler. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 2 (2): 1-4.
- Costa, E., Durante, L.G.Y., Nagel, P.L., Ferreira, C.R., dos Santos, A. (2011). The quality of eggplant seedlings under different production methods. *Revista Ciência Agronômica*, 42 (4): 1017-1025.
- Costa, E., Leal, P.A.M., Benett, C., Benett, K.S.S., Salamene, L.C.P. (2012). Production of tomato seedlings using different substrates and trays in Three three protected environments. *Engenharia Agrícola* 32(5):822-830.
- Çaycı, G., Baran, A., Bender, D. (1998). The effects of peat and sand amended spent mushroom compost on growing of tomato. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 4 (2): 27-29.
- Çinkılıç, H. (2008). Farklı organik ve inorganik ortamlarda hıyar fidesi üretimi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5 (2): 151-158.
- Çolpan, E., Zengin, M., Özbahçe, A. (2013). The effects of potassium on the yield and fruit quality components of stick tomato. *Hort. Environ. Biotechnol.* 54(1):20-28.
- Demir, H., Polat, E., Sönmez, İ., Yılmaz, E. (2010). Effects of different growing media on seedling quality and nutrient contents in pepper (*Capsicum annuum* L. var longum cv. Super Umut F1). *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 8 (3&4): 894-897.
- Demir, H., Polat, E. (2014). Effects of different growing media on seedling quality and nutrient contents in cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata L.). *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 12(2), 1378-1381.
- Demirsoy, M. (2004). Farklı fide ortamlarının domates, biber, patlıcan ve hıyar fidelerinin büyümesine kantitatif etkileri üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Samsun.
- Gomiero, T., Pimentel, D., Paoletti, M.G. (2011). Environmental impact of different agricultural management practices: conventional vs. organic agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 30 (1-2): 95-124.
- Haska, O.J.A., Söylemez, S., Sarhan, T.Z. (2022). Effect of different organic growing mediums and application of biofertilizer in organic seedling production. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 13 (02): 252–263.
- Jeevitha, J., Rajalingam, G.V., Arumugam, T., Sellamuthu, K.M. (2019). Effect of growing media on tomato seedling production. *International Journal of Chemical Studies* 7(4): 319-321.
- Kim, E-Y., Park, S-A., Park, B-J., Lee, Y., Oh, M-M. (2014). Growth and antioxidant phenolic compounds in cherry tomato seedlings grown under monochromatic light-emitting diodes. *Hort. Environ. Biotechnol.* 55(6):506-513.
- Kurtar, E.S. (2013). Float sistemde bazı kışlık sebze türlerinin organik fide üretimi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 23 (2): 83–89.
- Li, R., Hao, H., Sun, H., Wang, L., Wang, H. (2022). Composted rabbit manure as organic matrix for manufacturing horticultural growing media: composting process and seedling effects. *Sustainability* 14 (9): 5146; DOI10.3390/su14095146
- Luqui, L.L., Salles, J.S., Costa, E., Alves, V.C.D., Souza, L.G.P., Vieira, M. T., Salles, J.S., Souza, V.C.M. (2019). Seedlings production and fruit yield of cucumber on different organic substrates. *Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia-MS*, 6 (4): 1-7.
- Manh, V.H., Wang, C.H. (2014). Vermicompost as an important component in substrate: Effects on seedling quality and growth of muskmelon (*Cucumis melo* L.). *APCBE Procedia*, 8:32-40. Doi: 10.1016/j.apcbee.2014.01.076
- Mathowa, T., Tshipinare, K., Mojeremane, W., Legwaila, G.M., Oagile, O. (2017). Effect of growing media on growth and development of sweet paper (*Capsicum annum* L.) seedlings. *Journal of Applied Horticulture*, 19 (3): 200-204.
- Mininni, C., Santamaria, P., Abdelrahman, H., Cocozza, C., Miano, T., Montesano, F., Parente, A. (2012). Posidonia-based compost as a peat substitute for lettuce transplant production. *Hortscience*, 47 (10): 1438–1444.
- Namal, E. (2019). Fide yetiştiriciliğinde kullanılan farklı ortamların bazı fizikokimyasal özellikleri ile domates fide kalite parametrelerindeki değişimlerin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Antalya.
- Olaría, M., Nebot, J.F., Molina, H., Troncho, P., Lapeña, L., Llorens, E. (2016). Effect of different substrates for organic agriculture in seedling development of traditional species of Solanaceae. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 14(1); 1-7.
- Park, Y., Gómez, C., Runkle, E.S. (2022). Indoor production of ornamental seedlings, vegetable transplants, and microgreens. *Plant Factory Basics, Applications and Advances*, 351-375.
- Pascual, J.A., Ceglie, F., Tuzel, Y., Koller, M., Koren, A., Hitchings, R., Tittarelli, F. (2018). Organic substrate for transplant production in organic nurseries. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 38 (3):1-23.

Effects of Different Growing Media on Seedling Quality in Organic Seed-ling Production

- Polat, S., şahin, N., Özdemiř, H. (2017). Farklı fide yetiştirme ortamlarının Crimson Sweet karpuz çeşidinde fide kalitesine etkileri. Akademik Ziraat Dergisi, 6 (Özel Sayı):47-50
- Ronga, D., Vitti, A., Zaccardelli, M., Pane, C., Caradonia, F., Cardarelli, M., Colla, G., Rouphael, Y. (2021). Root Zone Management for Improving Seedling Quality of Organically Produced Horticultural Crops. Agronomy 11 (4): 630; DOI10.3390/agronomy11040630
- Sönmez, İ., Kalkan, H., Demir, H. (2016). Effects of spent mushroom compost on seedling quality and nutrient contents of eggplant (*Solanum melongena*) grown in different growing media. Acta Hort. 11 (1): 403-408.
- Tan, E. (2014). Organik fide üretimine uygun yetiştirme ortamlarının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, İzmir.
- Tuzel, Y., Oztekin, G.B., Tan, E. (2015). Use of different growing media and nutrition in organic seedling production. XXIX International Horticultural Congress on Horticulture: Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes (IHC2014): International Symposium on Innovation and New Technologies in Protected Cropping, December 23, 2015, Brisbane, Australia, Book of Proceedings, 165-175.
- Tüzel, Y., Öztekin, G., Tüzel, İ.H., Duyar, H. (2020). Growing media in organic seedling production, Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 57 (4): 603-610.
- Ünal, M. (2013). Effect of organic media on growth of vegetable seedlings. Pakistan Journal of Agricultural Sciences, 50 (3): 517-522.
- Variş, S., S. Altıntaş, H. Çinkılıç, P. S. Koral, S. J. Butt ve L. Çinkılıç, 2004. Öğütölmüş CibreCüruf (ÖCC) Harcı. Hasad Dergisi, 234:26-34.
- Yılmaz, C., Sırça, E., Özer, H., Pekşen, A. (2018). Agaricus ve Pleurotus atık mantar kompostlarının domates fide üretiminde yetiştirme ortamı olarak kullanımı. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 5 (3): 229-235.

Sandıklı (Afyonkarahisar) Çevresinde Yetiştirilen Patates (*S. tuberosum*) Çeşitlerinin Ekolojik İstekleri

Keziban ÇANKAYA , Ahmet SERTESER 

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Afyonkarahisar

Geliş Tarihi (Received): 08.08.2023, Kabul Tarihi (Accepted): 03.10.2023

✉ Sorumlu Yazar (Corresponding author*): kezibang92@gmail.com

☎ +90 272 2281339 📠 +90 272 2181935

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, Afyonkarahisar ili Sandıklı ilçesi ile bu ilçeye bağlı bir kasaba (Akharım) ve 7 farklı köyde (Kızılca, Kızık, Çevrepinar, Akin, Ballık, Kusura, Örenkaya) patates yetiştirilen tarım arazilerinden alınan toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri ile verimlilik düzeylerinin araştırılmasıdır. Alınan toprak örneklerinde satürasyon ve yapı, pH, elektriksel iletkenlik, kireç, organik madde, potasyum ve fosfor analizleri yapılmıştır. Bu analizlerde her bir toprak örneği, toprak değerleri için belirtilen sınır değerlere göre sınıflandırılmış ve örnekler kendi aralarında karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçlarına göre 4 örnekleme alanının (Sandıklı, Akharım, Çevrepinar ve Ballık) killi tınlı, 2 örnekleme alanının (Kızılca ve Örenkaya) kumlu, 2 örnekleme alanının (Akin ve Kusura) tınlı ve 1 örnekleme alanının killi (Kızık) özellikte topraklar olduğu saptanmıştır. Alınan toprak örneklerinin çoğunlukla pH açısından 'hafif alkali', kireç açısından 'az', organik madde açısından 'az ve çok az', potasyum açısından 'çok yüksek' ve fosfor açısından 'orta' sınıfta yer aldığı saptanmıştır. Bu çalışma sonucunda, Sandıklı İlçesi'nden alınan örnekleme alanlarındaki toprakların, patates yetiştiriciliği açısından bakılarak, gübreleme programları oluşturulması ve üreticilerin bilinçlendirilmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sandıklı, Besin ögesi, *Solanum tuberosum*, Toprak verimliliği.

Ecological Demands of Potatoes (*S. tuberosum*) Grown Around Sandıklı (Afyonkarahisar)

ABSTRACT

This study aims to investigate the productivity levels and physical and chemical properties of soil samples from potato-growing agricultural lands in Sandıklı district of Afyonkarahisar province, a town and seven different villages (Kızılca, Kızık, Çevrepinar, Akin, Ballık, Kusura, Örenkaya), a town (Akharım). Analyses of the soil samples included measurements of pH, electrical conductivity, lime, organic matter, potassium, phosphorus, and saturation and structure. Each soil sample was categorized in these analyses based on the specified limit values for soil values. Then, the samples were compared with one another. The analysis results showed that four sampling areas (Sandıklı, Akharım, Çevrepinar, and Ballık) had clayey loam, two (Kızılca and Örenkaya) had sandy, two (Akin and Kusura) had loamy, and one (Kızık) had clayey loam. It was determined that the soil samples were mostly in the 'slightly alkaline' class in terms of pH, 'low' in terms of lime, 'little and very little' in terms of organic matter, 'very high' in terms of potassium and 'medium' in terms of phosphorus. Based on the present findings, it is recommended to examine the soils in the Sandıklı District sampling areas for potato growing, develop fertilization plans, and raise the awareness of the producers.

Keywords: Sandıklı, Nutrient, *Solanum tuberosum*, Soil fertility.

GİRİŞ

Patlıcangiller olarak adlandırılan Solanaceae familyasına ait patates (*S. tuberosum*), endüstride yaygın olarak kullanılan ve Güney Amerika kökenli olan tek yıllık bir bitkidir. Bu türün 7.000-10.000 yıl önce Peru'da ekildiği ve Avrupa ülkelerine ilk kez İspanyolu Pedro Cieza De León tarafından yayıldığı bilinmektedir. İsviçreli Botanikçi Gaspard Bauhin ise 1590 yılında patatesi, ilk kez botanik literatürüne kazandırmıştır (Cin, 2022). Türkiye'de ise yüzyıllık geçmişe sahip olan patatesin ekiminin ilk olarak nerede gerçekleştiğine dair iki ayrı görüş bulunmaktadır. Bunlardan ilki Karadeniz yaylaları ve Erzurum ovası, ikincisi ise Sakarya ili çevresinde başladığı yönündedir (Kadakoğlu ve Karlı, 2021).

Patates (*S. tuberosum*), mısır (*Z. mays*), çeltik (*O. sativa*) ve buğday (*T. aestivum*) gibi tahıllardan sonra dünyada en çok üretimi gerçekleştirilen dördüncü bitki türüdür. Gıda Tarım Örgütü (FAO) tarafından 2018 yılı verilerine göre, dünyada toplam patates yetiştiriciliği yaklaşık 17,6 milyon ha alanda yapılmıştır. 2014-2018 yılları arasında Çin en çok patates ekim alanına sahipken, yine aynı yıllar arasında en düşük ekim alanına Amerika Birleşik Devletleri (ABD) sahip olmuştur. Türkiye ise bu listede ilk 7 içerisinde yer almaktadır (Doğan ve Karaca, 2020).

Dünyadaki yıllık patates üretim verileri incelendiğinde 2018 yılında bir önceki yıla göre daha düşük bir üretim gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık 90 bin ton ile Çin patates üretiminde ilk sıralarda yer alırken, Avrupa Birliği (AB) yaklaşık 52 bin ton ile ikinci sırada yer almaktadır. Türkiye'de ise 2018 yılında bir önceki yıla göre artarak, toplam 140 bin 897 ha tarım arazisi patates ekimi için kullanılmıştır. Niğde, Konya ve Afyonkarahisar son beş yıl içerisinde en çok patates ekim alanına sahip iller arasında yer almıştır. İllere göre Türkiye patates üretimi istatistikleri incelendiğinde ise, 2018 yılında 4 milyon 979 bin 724 ton patates üretimi ile son beş yılın en yüksek üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretim verilerine göre Niğde, Konya ve Afyonkarahisar, son beş yıl içerisinde en çok patates üretimi gerçekleştirilen iller arasında yer almıştır (FAO, 2018).

Tarımsal faaliyetler sonucu elde edilen son ürünün kalitesini belirleyen en önemli parametrelerden biri toprak verimliliğidir. Toprak içerisinde bulunan besin maddelerinin oranı, bitkinin gelişimi üzerinde etkilidir. Bununla birlikte sürdürülebilir tarım uygulamalarında gübrelemeden optimum düzeyde fayda sağlamak için toprağın kimyasal ve fiziksel özelliklerinin belirlenmesi önemlidir (Yalçın ve Çimrin, 2019). Bu çalışmada Afyonkarahisar ili Sandıklı ilçesi, ilçeye bağlı bir kasaba (Akharım)

ve 7 farklı köyde (Kızılca, Kızık, Çevrepınar, Akin, Ballık, Kusura, Örenkaya) patates tarımı yapılan arazilerin toprak verimlilik durumu, alınan toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal analizleri yapılarak değerlendirilmiştir.

MATERYAL ve METOT

Araştırma Alanları

Afyonkarahisar il sınırları içerisinde yer alan Sandıklı ilçesi, Ege Bölgesinin İç Batı Anadolu bölümünde bulunmaktadır. Davis'in Grid kareleme sistemine göre B3 karesinde yer almaktadır (Davis, 1965). İlçe coğrafi konum olarak, 29° 50' - 30° 30' Doğu meridyeni ile 38° 15' - 38° 45' Kuzey paralelleri arasındadır. Kumalar Dağ'ının eteğinde kurulan Sandıklı İlçesi 1036 km² yüzölçümüne sahiptir. Bu araştırma, Afyonkarahisar ili Sandıklı ilçesi, ilçeye bağlı bir kasaba (Akharım) ve 7 farklı köyde (Kızılca, Kızık, Çevrepınar, Akin, Ballık, Kusura, Örenkaya) patates yetiştirilen, tarım arazilerinde gerçekleştirilmiştir.

Çalışılan Örnekler

Agria (*Solanum tuberosum* L. cv. Agria), Desiree (*Solanum tuberosum* L. cv. Desiree), Mor majeste (*Solanum tuberosum* cv. Vitelottenoire) ve Lady olympia (*Solanum tuberosum* L. cv. Lady Olympia) bölgede yetiştirilen patates çeşitleridir. Agria türü patates çalışma kapsamında Akharım kasabasında 1 dekarlık araziye ekilmiştir. Bunun dışındaki araştırma alanları, yerel üreticiler tarafından ekimi gerçekleştirilen arazilerdir.

Araştırma Alanlarının İklim Özellikleri

Sandıklı ilçesi 2020 yılı iklim verileri (ortalama sıcaklık, ortalama nem, yağış, yağışlı gün sayısı, çok yıllık sıcaklık ortalaması, çok yıllık nem ortalaması, çok yıllık yağış ortalaması), Afyonkarahisar Meteoroloji 5. Bölge Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Elde edilen verilere göre Emberger, Erinç ve De Martonne formülleri kullanılarak iklim indisleri hesaplanmıştır (Akman, 2011; Hepbilgin ve ark., 2018).

Toprak Örneklerinin Alınması, Analize Hazırlanması ve Toprak Örneklerine Yapılan Analiz Yöntemleri

Toprak örnekleri, Afyonkarahisar ili Sandıklı ilçesinde bölgeyi temsil edecek şekilde 20 farklı tarım arazisinden alınmıştır. Örnekleme 20 dekarı temsil etmek

Sandıklı (Afyonkarahisar) Çevresinde Yetiştirilen Patates (*S. tuberosum*) Çeşitlerinin Ekolojik İstekleri

üzere, 8 noktadan 0-30 cm derinliğinden alınarak gerçekleştirilmiştir. Uygun koşullarda laboratuvara getirilen örnekler, hava kuru hale getirilerek 2 mm çapına sahip elekten geçirilmiş ve analizler için hazır hale getirilmiştir.

Doğunluk durumu hesaplanan toprak örneklerinin bünye sınıfı Kurucu ve ark. (1990)'a göre belirlenmiştir. Saatçi ve ark. (1983) tarafından önerilen yöntemle pH belirlenmiştir. Ölçüm yapılmadan önce, pH metre 15-20 dakika ısıtılmıştır. Toprak örnekleri su ile doymuş hale getirilerek satürasyon macunu haline getirilmiştir. Ardından satürasyon macununun sıcaklığı ölçülerek, pH metre sıcaklığına getirilmiştir. pH, cam elektrotun örnek içerisine doğrudan yerleştirilerek ölçülmüştür. Toplam tuz yüzdesi ve elektriksel iletkenliğe göre, bitki veya ürünün durumu Anonim (1982)'e göre yorumlanmıştır.

Çağlar (1949) ve Evliya (1964)'ya göre toprak örneklerinin CaCO₃ içerikleri Scheibler Kalsimetresi ile ölçülerek sınıflandırılmıştır. Toprakların organik madde miktarı, Walkley-Black yönteminin uyarlanmasıyla tespit edilmiştir (Walkley ve Black, 1936). Toprak örneklerinin alınabilir fosfor içerikleri Olsen ve ark. (1954)'a göre spektrofotometrik olarak belirlenmiştir. Alınabilir potasyum Pizer (1967)'in ölçütlerine göre değerlendirilmiştir. Korelasyon analizi olarak Pearson yöntemiyle iki değişken arasındaki sınır değerler bir ölçüm aracı olarak kullanılmış ve parametreleri belirlenmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışma Alanının İklim Özelliği

Sandıklı İlçesinin İklim Özellikleri

Çalışmanın yapıldığı 2020 yılında, patates yetiştirme dönemine (Nisan-Eylül) ait en yüksek sıcaklıklar ise Temmuz ayında, en düşük sıcaklıklar ise Mayıs ayında görülmektedir. Özellikle Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında geçmiş yıllara göre daha yüksek ortalama sıcaklık değerleri belirlenmiştir (Tablo 1). Ancak Mayıs

ayında daha düşük ortalama sıcaklık değeri saptanmıştır. 22 Mayıs 2020 tarihinde denemenin yapıldığı tarım arazisinde sıcaklığın gece sıfırın altında düşmesi patates bitkilerinin üzerine kırağı düşmesine neden olmuştur. 30 bin dekar alanda etkili olan bu durum, patates bitkilerinin soğuktan zarar görmesiyle sonuçlanmıştır.

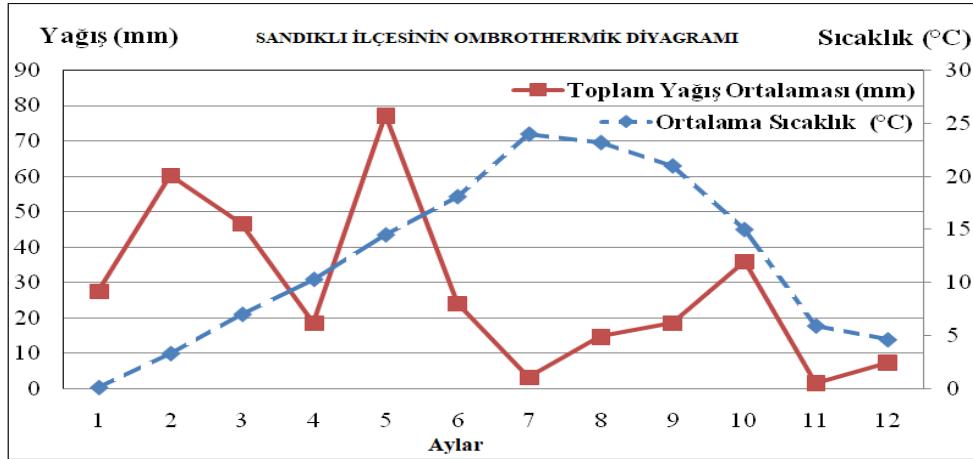
Çalışma bölgesine ait 2020 yılının 12 aylık ortalama nem (%), yağış (mm), yağışlı gün sayısı, çok yıllık sıcaklık ortalaması (°C), çok yıllık nem ortalaması (%) ve çok yıllık yağış (mm) değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Buna göre patates yetiştirme dönemi (Nisan-Eylül) içerisinde en düşük ortalama nem değeri Ağustos (%44,0) ayında saptanırken, en yüksek ortalama nem değeri Mayıs (%63,7) ayında saptanmıştır. Buna rağmen geçmiş yıllar ile kıyaslandığında, 2020 yılına ait nem değerleri çok yıllık nem ortalamasının altında olduğu belirlenmiştir.

Patates yetiştirme dönemi içerisinde değerlendirildiğinde aylık en düşük toplam yağış miktarı 3,1 mm ile Temmuz ayı tespit edilirken, en yüksek 35,9 ile Ekim ayı tespit edilmiştir. Bununla birlikte Mayıs ve Ekim aylarında çok yıllık yağış miktarının üzerinde bir değer belirlenmiştir. Hasat zamanı olan Eylül ayı içerisinde dönemde yağış miktarının azaldığı bununla birlikte yağışlı gün sayısının 3'e indiği görülmektedir.

Emberger formülüne göre iklim indisi 2,08 olarak hesaplanmıştır. Buna göre Emberger iklim indisi sınıflandırmasında çalışma alanı, çok kurak Akdeniz iklimi grubuna dahil olmaktadır. Ayrıca en soğuk ayın en düşük sıcaklık ortalamasına (-10,3 °C) göre ise Akdeniz ikliminin kış tipi buzlu olarak belirlenmiştir. Erinç formülüne göre iklim indisi 1,03 olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanı, Erinç iklim indisi sınıflandırmasında tam kurak olarak nitelendirilmektedir. Son olarak De Martonne formülüne göre iklim indisi 0,66 hesaplanmış ve çalışma alanı çok kurak olarak sınıflandırılmıştır. Şekil 1'de Sandıklı ilçesine ait omrotermik iklim diyagramı verilmiştir.

Sandıklı (Afyonkarahisar) Çevresinde Yetişen Patates (*S. tuberosum*) Çeşitlerinin Ekolojik İstekleri**Tablo 1.** Araştırma alanlarına ait iklim verileri Afyonkarahisar Meteoroloji Müdürlüğü (1913-2020) sayfasından alınmıştır (Anonim, 2020).

| Aylar | Ortalama Sıcaklık (°C) | Minimum Sıcaklık (°C) | Maksimum Sıcaklık (°C) | Çok Yıllık Sıcaklık Ortalaması (°C) | Aylık Toplam Yağış Miktarı (mm = kg/m ²) | Ortalama Yağışlı Gün sayısı | Çok Yıllık Nem Ort. (%) | Çok Yıllık Yağış (mm) | Nem Ort. (%) |
|---------|------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------------------|--|-----------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------|
| Ocak | 0,1 | -10,3 | 12,3 | 1,2 | 27,5 | 9 | 85,6 | 45,91 | 77,1 |
| Şubat | 3,3 | -12,2 | 19,0 | 4,2 | 60,3 | 13 | 77,1 | 27,35 | 76,3 |
| Mart | 7,0 | -6,1 | 21,5 | 6,8 | 46,6 | 12 | 71,9 | 46,13 | 69,0 |
| Nisan | 10,3 | -2,1 | 23,9 | 10,3 | 18,5 | 7 | 69,1 | 29,25 | 63,2 |
| Mayıs | 14,5 | -1,6 | 34,0 | 14,7 | 77,3 | 11 | 67,1 | 61,35 | 63,7 |
| Haziran | 18,1 | 3,9 | 32,8 | 18,4 | 23,9 | 8 | 66,8 | 51,91 | 63,4 |
| Temmuz | 24,0 | 10,3 | 36,4 | 22,7 | 3,1 | 2 | 49,9 | 15,08 | 47,5 |
| Ağustos | 23,2 | 10,1 | 37,4 | 22,8 | 14,6 | 3 | 51,1 | 27,94 | 44,0 |
| Eylül | 21,0 | 8,1 | 37,7 | 18,7 | 18,4 | 3 | 52,1 | 22,41 | 51,0 |
| Ekim | 15,0 | 2,6 | 33,1 | 12,7 | 35,9 | 9 | 64,8 | 30,10 | 60,6 |
| Kasım | 5,9 | -8,8 | 18,9 | 7,0 | 1,4 | 1 | 71,7 | 21,64 | 66,0 |
| Aralık | 4,6 | -8,6 | 15,6 | 2,3 | 7,3 | 6 | 81,5 | 30,31 | 75,7 |

**Şekil 1.** Sandıklı İlçesinin 2020 yılına ait toplam yağış ortalaması ve ortalama sıcaklık ilişkisini gösteren ombrotermik iklim diyagramı (Anonim, 2020).**Toprak Örneklerinin Analiz Sonuçları**

Bu çalışma 2020 yılında, Sandıklı İlçesi, ilçeye bağlı bir kasaba (Akharım) ve 7 farklı köyde (Kızılca, Kızık, Çevrepınar, Akin, Ballık, Kusura, Örenkaya) patates ekimi yapılan tarım arazilerinde toprak veriminin değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir (Tablo 2).

Sandıklı İlçesinin yüksek dağların arasındaki geniş ovalara yayıldığı görülmektedir. Çalışma alanının büyük bölümünü kватerner arazisi kaplamaktadır. Çalışma alanında kahverengi, kireçsiz kahverengi, kahverengi orman, kestanerengi ve kolüvyal topraklar ile arazi tipi olarak çıplak kaya, molozlar ve bataklıklar bulunmaktadır (Serteser, 2018).

Sandıklı (Afyonkarahisar) Çevresinde Yetiştirilen Patates (*S. tuberosum*) Çeşitlerinin Ekolojik İstekleri

Tablo 2. Toprak örneklerinin analiz sonuçları (Anonim, 2021).

| Toprak Örneği (0-30cm) | Fiziksel Analizler | | | Kimyasal Analizler (%) | | | | |
|------------------------|--------------------|----------------|------|------------------------|-------------------|---------------------------------|----------------|-------|
| | Satürasyon (%) | Toplam Tuz (%) | pH | Kireç (%) | Organik Madde (%) | Potasyum (kg da ⁻¹) | Fosfor (kg/da) | |
| Sandıklı | Killi Tınlı | 67,98 | 0,03 | 7,99 | 9,57 | 1,87 | 198,21 | 7,33 |
| Akharım | Killi Tınlı | 51,70 | 0,02 | 6,58 | 0,71 | 3,35 | 171,73 | 16,89 |
| Kızılca | Kumlu | 29,70 | 0,02 | 6,71 | 1,08 | 0,43 | 59,85 | 3,88 |
| Kızık | Killi | 82,50 | 0,05 | 7,20 | 2,17 | 1,66 | 229,66 | 2,04 |
| Çevrepınar | Killi Tınlı | 60,50 | 0,02 | 7,65 | 19,37 | 3,02 | 250,96 | 4,08 |
| Akin | Tınlı | 39,60 | 0,01 | 7,69 | 5,35 | 0,25 | 178,96 | 0,73 |
| Balık | Killi Tınlı | 69,30 | 0,02 | 7,72 | 6,13 | 2,33 | 388,67 | 8,87 |
| Kusura | Tınlı | 48,40 | 0,05 | 7,49 | 3,96 | 1,23 | 15,44 | 4,51 |
| Örenkaya | Kumlu | 31,90 | 0,02 | 7,72 | 1,43 | 0,27 | 2,98 | 18,07 |

Tablo 3. Toprak örneklerinin korelasyon analizi (P>0.05).

| | | Satürasyon (%) | Toplam tuz (%) | pH | Kireç (%) | Organik madde | Potasyum (kg da ⁻¹) | Fosfor (kg da ⁻¹) | |
|---------------------------------|---------------------|----------------|----------------|-------|-----------|---------------|---------------------------------|-------------------------------|-------|
| Satürasyon (%) | Pearson Correlation | 1 | -0,24 | 0,63 | 0,23 | 0,33 | 0,61 | ,73* | -0,24 |
| | P | - | 0,53 | 0,07 | 0,55 | 0,39 | 0,08 | 0,02 | 0,54 |
| Toplam tuz (%) | Pearson Correlation | 0,629 | 0,34 | 1 | 0,30 | 0,08 | 0,16 | 0,02 | -0,22 |
| | P | 0,070 | 0,37 | - | 0,43 | 0,83 | 0,68 | 0,95 | 0,57 |
| pH | Pearson Correlation | 0,228 | 0,04 | 0,30 | 1 | 0,53 | -0,16 | 0,22 | -0,14 |
| | P | 0,55 | 0,91 | 0,43 | - | 0,14 | 0,67 | 0,57 | 0,71 |
| Kireç (%) | Pearson Correlation | 0,33 | -0,34 | 0,08 | 0,53 | 1 | 0,43 | 0,44 | -0,32 |
| | P | 0,39 | 0,37 | 0,83 | 0,14 | - | 0,24 | 0,24 | 0,39 |
| Organik madde (%) | Pearson Correlation | 0,60 | -0,64 | 0,16 | -0,16 | 0,43 | 1 | 0,59 | 0,22 |
| | P | 0,08 | 0,06 | 0,68 | 0,67 | 0,24 | - | 0,09 | 0,57 |
| Potasyum (kg da ⁻¹) | Pearson Correlation | ,730* | -0,44 | 0,023 | 0,219 | 0,438 | 0,597 | 1 | -0,20 |
| | P | 0,02 | 0,23 | 0,95 | 0,57 | 0,24 | 0,09 | - | 0,60 |
| Fosfor (kg da ⁻¹) | Pearson Correlation | -0,23 | -0,50 | -0,22 | -0,14 | -0,32 | 0,22 | -0,20 | 1 |
| | P | 0,54 | 0,16 | 0,57 | 0,71 | 0,39 | 0,57 | 0,60 | |

Sandıklı (Afyonkarahisar) Çevresinde Yetişen Patates (*S. tuberosum*) Çeşitlerinin Ekolojik İstekleri

Toprak örneklerine dair korelasyon analizi Tablo 3'te verilmiştir. Fiziksel analizler ve kimyasal analizler arasında 0.05 düzeyinde anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Bu kapsamda satürasyon (%) ve Potasyum arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Satürasyon (%); Fosfor (kg da⁻¹) ile Organik madde (%) arasında negatif yönlü bir ilişki ortaya çıkarken, Toplam tuz (%) ile fosfor arasında da negatif yönlü bir ilişki olduğu görülmüştür. pH ise Organik madde (%) ve Fosfor (kg da⁻¹) arasında negatif yönlü bir ilişki, Kireç'te (%) ise durum Satürasyon (%) ve Fosfor (kg da⁻¹) ile negatif yönlü bir ilişki saptanmıştır. Satürasyon (%), Toplam tuz (%), pH, Kireç (%), Organik madde (%), Potasyum (kg da⁻¹) arasında pozitif bir ilişki ortaya çıkarılmıştır.

Genellikle derin, süzek, hafif yapılı, kumlu-tınlı, hafif killi, organik madde açısından zengin, su tutma kapasitesi iyi olan toprak, patates gelişimi için uygundur (Arslanoğlu ve Özdemir, 2021). Patates (*S. tuberosum*) çoğunlukla kumlu toprakta yetiştirilmekte ve bundan kaynaklı yoğun sulamaya ihtiyaç duymaktadır. Bununla birlikte patates bitkisi gelişimi için yüksek oranda azota ihtiyaç duymaktadır. Kumlu topraklarda yapılan yoğun sulama işlemi, patates bitkisinin ihtiyaç duyduğu azotun topraktan yıkanmasına neden olmaktadır. Ancak literatür verileri, patates bitkisine aynı miktarda azot uygulanmasına rağmen, alınabilir azot miktarının patates çeşidine bağlı olarak değişebileceğini göstermiştir. Bunun bir sonucu olarak ise yumru verimi ve kalitesi çeşitler arasında farklılığa neden olmaktadır (Arslan ve Kevseroğlu, 1991; Gavlak ve ark., 1993).

Dokuz örnekleme alanı içerisinde en yüksek satürasyon derecesi Kızık (%82,50)'ta, en düşük satürasyon derecesi Kızılca'da (%29,70) saptanmıştır. Suyla doygunluğuna göre 4 örnekleme alanı (Sandıklı, Akharım, Çevrepınar ve Ballık) killi tınlı, 2 örnekleme alanı (Kızılca ve Örenkaya) kumlu, 2 örnekleme alanı (Akin ve Kusura) tınlı ve 1 örnekleme alanı killi (Kızık) bünye sınıfında yer almıştır. Afyonkarahisar ilinin Dinar ilçesinde yapılan farklı bir çalışmada da toprak örneklerinin benzer şekilde çoğunlukla killi tınlı toprak olduğu saptanmıştır (Çetin ve Eraslan, 2015).

Analiz sonuçlarına göre en yüksek tuz oranı Kusura'da (%0,054) ve en düşük tuz oranı Kızılca'da (%0,002) saptanmıştır. Değerlendirme tablosuna göre tuz çoğunlukla ihmal edilebilir olarak nitelendirilmiştir. Benzer şekilde Parlak (2016) ve Ertaş (2020) tarafından yapılan çalışmalarda toprak örneklerinin de herhangi bir tuz problemine sahip olmadığı saptanmıştır.

Genel olarak Dünya'da patates yetiştiriciliği pH 6-8 aralığında yapılırsa da patates bitkisinin en iyi geliştiği pH koşulları 6,3-6,7 olarak bilinmektedir (Parlak,

2016). Yaptığımız çalışmada alınan toprak örneklerinin pH değerlerinin 6,58-7,99 arasında değişiklik gösterdiği saptanmıştır. pH değerlerine göre toprakların reaksiyon durumu ise Akharım ve Kızılca'da hafif asit, Sandıklı, Kızık, Çevrepınar, Akin, Ballık, Kusura ve Örenkaya'da ise hafif alkali olarak sınıflandırılmıştır. Çetin ve Eraslan (2015), tarafından Afyonkarahisar ilinin Dinar ilçesinde yapılan benzer çalışmada da toprak örneklerinin %95,8'inin hafif alkali sınıfında yer aldığı bildirilmiştir. Ertaş (2020) ise yaptığı çalışma neticesinde, toprak reaksiyonunun hafif asidik karakterde olmasını, çiftçilerin kullandığı kükürt içeren kimyasal gübrelerden kaynaklanabileceğini açıklamıştır.

Kireç, mikrobiyal aktiviteyi düzenleyerek genel heterotrofları uyarmaktadır. pH, organik maddenin mineralleşmesini ve bunun sonucunda majör ve minör besin elementlerinin mevcudiyetini etkilemektedir (Lalljee ve Facknath, 2002). Bununla birlikte Maier ve ark. (2002) yapmış oldukları çalışmada, asitli toprakların kireçlenmesinin nedenini fosfor artışı ile ilişkilendirmiştir. Bu nedenle kireçlemenin, asitli topraklarda yetişen patates mahsullerinin fosfor beslenmesini iyileştirmek için yararlı bir agronomik uygulama olduğu araştırmacılar tarafından düşünülmektedir. Çalışma arazilerinden alınan örneklerin kireç oranları %0,70-19,36 arasında değişiklik göstermektedir. Bu değerlere göre örneklerin kireç durumu Akharım'ın çok az, Kızılca, Kızık, Kusura ve Örenkaya'nın az, Sandıklı, Akin ve Ballık'ın orta, Çevrepınar'ın ise fazla olarak değerlendirilmiştir. En yüksek kireç oranına Çevrepınar, en düşük kireç oranına ise Akharım sahiptir. Lalljee ve Facknath (2002) tarafından yapılan bir çalışmada kireç uygulamasının, toprak mikro besin elementi içeriğine, patates verimine ve patatesteki besin maddesi üzerine etkileri incelenmiştir. Araştırmacılar 0, 4, 8 ve 12 tha-1 olmak üzere toprağa dört farklı konsantrasyonda kireç ilave etmiştir. Bunun sonucu olarak ise 12 haftalık bir sürede kireç uygulamasının toprak pH'ını 5,12'den 7,22'ye yükselttiğini saptamıştır. Topraktaki çinko, bakır, demir ve manganez konsantrasyonunun artan kireç seviyeleri ile azaldığı, bor konsantrasyonunun arttığı sonucuna varılmıştır. Buna ek olarak; kireç uygulamasının patates yumru verimi, protein içeriği, kül, nişasta ve kalsiyum içeriğine olumlu etkileri olduğu, artan kireç uygulamasıyla Zn, Cu, Fe ve P azaldığı saptanmıştır.

Toprakların organik madde içeriği %0,27-3,35 kg da⁻¹ arasında değişmektedir. En yüksek organik madde miktarına Akharım, en düşük organik madde miktarına ise Örenkaya sahiptir. Buna göre organik madde oranı bakımından Akharım ve Çevrepınar iyi, Ballık orta, Sandıklı, Kızık ve Kusura az, Kızılca, Akin ve Örenkaya çok az sınıfında yer almaktadır. Yaptığımız çalış-

Sandıklı (Afyonkarahisar) Çevresinde Yetiştirilen Patates (*S. tuberosum*) Çeşitlerinin Ekolojik İstekleri

mada toprak örnekleri organik madde bakımından çoğunlukla az ve çok az sınıfında değerlendirilmiştir. Dinar ilçesinde yapılan çalışmada da toprak örneklerinin %81,44' ünün organik madde açısından az sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir (Çetin ve Eraslan, 2015). Ertaş (2020) yapmış olduğu çalışmada, topraklardaki organik madde yetersizliğinin, organik gübreleme ile aşılabileceğini bildirmiştir.

Patates bitkisinin 1 ton yumru üretimi için 7,47 kg/da potasyum ve 1,74 kg/da fosfora ihtiyaç duyduğu bildirilmektedir (Parlak, 2016). Yaptığımız çalışmada Sandıklı ilçesindeki toprak örneklerinin potasyum miktarı 59,85-388,67 arasında değişmektedir. Çoğunluğu (Sandıklı, Akharım, Kızık, Çevrepınar, Akin, Ballık) potasyum içeriği bakımından çok yüksek sınıfına girdiği tespit edilmiştir. Kızılca'nın orta, Kusura ve Örenkaya köylerinden alınan örneklerin ise çok düşük sınıfına girdiği belirlenmiştir. Potasyum bitkinin yumru üretim ve hareketinde önem taşımaktadır. Bununla birlikte fotosentezi ve protein sentezini destekler, stomaların açılmasını düzenler, nitrojen kullanımını artırır, asimilatların taşınmasını destekler, bitkinin strese dayanma kabiliyetini, su kullanım verimliliğini ve bitki enziminin aktivasyonunu arttırmaktadır. Tüm bunların sonucu ise mahsul verimi artırmaktadır (Adekiya ve ark., 2022). Bu çalışmada alınan çoğu örnekteki potasyum miktarının yeterli olduğu tespit edilmiş olsa da iki çalışma alanındaki (Kusura ve Örenkaya) potasyum miktarının yetersiz olduğu saptanmıştır. Adekiya ve ark. (2022), tropik bölgelerdeki yoğun yağmurun topraktaki potasyum yetersizliğine neden olabileceğini bildirmiştir. Bundan dolayı Kusura ve Örenkaya' daki potasyum yetersizliğinin bölgedeki yağışlardan kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Çalışma alanındaki potasyum miktarının çoğunlukla çok yüksek sınıfında yer alması, gübreleme potasyumlu gübre kullanımının azaltılması gerektiğini göstermektedir.

Toprakların fosfor içerikleri 0,72-18,07 kg da⁻¹ arasında değişmektedir. Fosfor içeriği bakımından sınıflandırıldığında Kızılca, Kızık ve Akin köylerinden alınan örnekler çok düşük, Sandıklı, Çevrepınar, Ballık ve Kusura örnekleri orta, Akharım ve Örenkaya örnekleri ise yüksek olarak nitelendirilmiştir. Fosfor hücresel enerji transferi, solunum ve fotosentezde rol oynayarak bitki metabolizmasını etkilemektedir. Ayrıca fosfolipid, nükleik asit, koenzim ve fosfoproteinlerin yapısal bir bileşeni olan fosfor, besin maddelerinin tohumlarda fitik asit olarak depolanmasına yardımcı olmaktadır. Bu nedenle, büyümenin en erken aşamalarından olgunluğa kadar bitki için yeterli fosfor kaynağına ihtiyaç duyulmaktadır. Son yumru verimleri yumru tutumu, yumru büyüme hızı ve yumru büyüme süresinin bir fonksiyonu olduğundan, fosfor patates büyümesini ve

verimini artırmakta önemli bir besin maddesidir (Bartal ve ark., 2004). Kızılca, Kızık ve Akin köylerindeki patates veriminin düşük olma sebebinin, topraklardaki fosfor yetersizliğinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Aynı toprağın sürekli işlenmesi besin maddelerinin tükenmesine, fiziksel bozulmaya ve verimin düşmesine neden olmaktadır. Bu durum mevcut toprağın sürdürülebilirliğini zamanla azaltmaktadır. Toprak kalitesini iyileştirmek ve ürün verimini artırmak amacıyla gübre, malç ve kompost gibi organik maddelerin toprağa eklenmesi ve besin maddelerinin yenilenmesi sağlanabilmektedir (Agbede ve ark., 2022).

Patates mahsulleri hem verim hem de kalite açısından optimum gübre seviyesine iyi yanıt vermektedir. Aşırı gübre uygulaması yumru tutumunu ve olgunlaşmasını geciktirmektedir. Gecikmiş olgunluk, hasatta nişastanın azalmasına ve şeker seviyelerinin yükselmesine neden olarak, yumruların işlenmeye uygun olmamasına neden olmaktadır (Lalljee ve Facknath, 2002). Bununla birlikte son dönemde yapılan çalışmalar toprak kalitesi ve üretim sürdürülebilirliği açısından biyolojik kömürü öne çıkarmıştır. Biyolojik kömür, organik maddelerin oksijen yokluğunda ve yüksek sıcaklıkta pirolizi ile üretilmektedir. Toprakların verimliliğini artırmak için odun kömürü (biyolojik kömür) kullanma tekniği, Amerika Birleşik Devletleri'nde 2500 yıldan fazla süredir kullanılmaktadır. Teknik Güney Amerika'nın Amazon Havzasında ortaya çıkmıştır. Biyolojik kömürün diğer organik maddelere kıyasla iki avantajı vardır. Birincisi toprakta daha uzun süre kalabilmesi için ayrışmaya karşı yüksek kararlılık göstererek toprağa uzun vadeli faydalar sağlamaktadır. İkincisi ise ekstra besin tutma kapasitesine sahiptir. Biyolojik kömür kullanımı toprak pH'ını, nem tutma kapasitesini, katyon değişim kapasitesini ve mikrobiyal florayı artırarak toprak kalitesini iyileştirmektedir (Agbede ve ark., 2022).

SONUÇ

Sonuç olarak; patates üretimi yapan çiftçiler için şu öneriler verilebilir: Sürdürülebilir üretim ve toprak kalitesinin iyileştirilmesi amacıyla tarım arazilerinde gübre olarak biyolojik kömür kullanılabilir. Toprak bünyesinin düzenlenmesi ve organik açığının kapatılması için uygun koşullarda yanmış ve koyun gübresini güz mevsiminde uygulanıp toprağa karıştırılması sağlanabilir. Kış ayını geçireceği için arazide ayrışma toprak ile bütünleşmesi daha iyi olacaktır. Bahara girerken de bunlar toprağa verilebilir; bu durum yanlış olmayacaktır. Ancak hayvan gübresinin topraktaki yoğunluğu daha fazla olacağı için asit oranı yükselecek ve köklerin asidik ortamda olması durumu ortaya çıkacaktır. Bu da bitki besin elementlerinin alımını yavaşlatmaya neden

Sandıklı (Afyonkarahisar) Çevresinde Yetiştirilen Patates (*S. tuberosum*) Çeşitlerinin Ekolojik İstekleri

olabilmektedir. Tüm bunların sağlanamadığı durumlarda taban gübresi olarak kükürt içeren bitki besin elementleri kullanılmalıdır. Ayrıca patates tarım uygulamalarında arazide kimyasal problemlerin çok hızlı bir süreçte meydana gelmeyeceği için patates yeşil aksana karıştıktan sonra üretim makro ve mikro elementlerini içeren sıvı yaprak gübreleri iki ya da üç kez uygulanmalıdır. Bu durumda ise patates tarımında toprak ne çok kuru bırakılmalı ne de çok sulamaya gidilerek balçık kıvamında olmamalıdır. Halk dilinde tabir edilen aktav (hafif nemli) özellikte muhafaza edilmelidir.

KAYNAKLAR

- Adekiya, A.O., Adebisi, O.V., Ibaba, A.L., Aremu, C., Ajibade, R.O. (2022). Effects of wood biochar and potassium fertilizer on soil properties, growth and yield of sweet potato (*Ipomea batata*). *Heliyon*, 8(11): e11728.
- Agbede, T.M., Oyewumi, A. (2022). Benefits of Biochar, Poultry Manure and Biochar-Poultry Manure for Improvement of Soil Properties and Sweet Potato Productivity in Degraded Tropical Agricultural Soils. *Resources, Environment and Sustainability*, 7: 1903-1916.
- Akman, Y. (2011). İklim ve Biyoiklim, Palme Yayınları, Ankara.
- Anonim (1982). Methods of Soil Analysis, Number 9. Part II. Madison, Wisconsin, USA.
- Anonim (2020). Afyonkarahisar Meteorolojik İklimsel Veriler. Afyonkarahisar Meteoroloji Müdürlüğü (1913-2020), Afyonkarahisar.
- Anonim (2021). Laboratuvar Hizmetleri Toprakta Verimlilik Analizleri. Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara.
- Arslan, B., Kevseroğlu, K. (1991). Bitki sıklığının bazı patates (*Solanum tuberosum* L.) çeşitlerinin verimi ve önemli özelliklerine etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1(3): 89-111.
- Arslanoğlu, Ş.F., Özdemir, M. (2021). Samsun Ekolojik Koşullarında Bazı Patates Çeşitlerinin Yumru Verimi ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaşam Bilimleri Dergisi*, 7(2): 286-296.
- Bar-Tal, A., Yermiyahu, U., Beraud, J., Keinan, M., Rosenberg, R., Zohar, D., Rosen, V., Fine, P. (2004). Nitrogen, phosphorus, and potassium uptake by wheat and their distribution following successive, annual compost applications. *Journal of Environmental Quality*, 33: 1855-1865.
- Cin, H. (2022). Farklı Depolama Koşullarında Depolanan Taze Patates Örneklerinin Kalite Parametrelerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.
- Çağlar, K.Ö. (1949). Toprak bilgisi. Ankara Üniversitesi, Yayın No: 10.
- Çetin, E., Eraslan, F. (2015). Afyonkarahisar İli Dinar İlçesi Patates Ekim Alanlarında Toprakların Verimliliği ve Bitkilerin Beslenme Durumlarının Belirlenmesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(2): 135-145.
- Davis, P.H. (1965-1985). Flora of Turkey and The East. Edinburgh University Press, 1-9 Edinburgh.
- Doğan, E., Karaca, İ. (2020). Afyonkarahisar İli Patates Alanlarında Patates Böceği (*Leptinotarsa decemlineata*) (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae)'nin Yayılışı. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24(1): 90-95.
- Ertuş, C. (2020). Bitlis İli Ahlat İlçesinde Patates Tarımı Yapılan Alanlarda Beslenme Durumunun Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Beslenme Anabilim Dalı, Van.
- Evlüya, H. (1964). Kültür bitkilerinin beslenmesi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 36.
- FAO (2018). <http://www.fao.org>. Agricultural database production (Erişim tarihi: Haziran 2018).
- Gavlak, R.G., W. L., Campbell, J.L., Walworth, C.L., Johnson, J.E., Muniz, T.A., Tindall, (1993). Nitrogen Fertilization of Irrigated Russet Potatoes in South-Central Alaska. *American Potato Journal*, 70: 571-578.
- Hepbilgin, B., Telat, K.O.Ç. (2018). Bölgesel Sıcaklık ve Yağış Verilerine Göre Kazdağlı ve Yakın Çevresinin İkliminde Öngörülen Değişiklikler. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 37: 253-270.
- Kadakoğlu, B., Karlı, B. (2021). Türkiye'de Patates Üretimi, İhracatı ve Destekleme Politikalarının Değerlendirilmesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(1): 7-16.
- Kurucu, N., Gedikoğlu, İ., Eyüpoğlu, F. (1990). Toprakların verimlilik yönünden kimyasal analiz yöntemleri, In: Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı. Ed: A. Tüzüner. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Lalljee, B., Facknath, S. (2002). Effect of Lime on Nutrient Content of Soils, Yield and Nutrient Content of Potato and Infestation by Leafminers. *Proceedings of the Amas*, 139-147.
- Maier, N.A., Mclaughlin, M.J., Heap, M., Butt, M., Smart, M.K. (2002). Effect of Current-Season Application of Calcitic Lime and Phosphorus Fertilization on Soil pH, Potato Growth, Yield, Dry Matter Content, and Cadmium Concentration. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 33(13-14): 2145-2165.
- Olsen, S.R., V Cole, F.S, Watanabe, L A Dean. (1954). Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extracting With Sodium Bicarbonate. U.S.D.A. Circularno, Washington.
- Parlak, M. (2016). İzmir İli Ödemiş İlçesi'nde Patates Yetiştirilen Toprakların Verimlilik Durumlarının Belirlenmesi. Ege Üniversitesi, *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 53(3): 325-331.

Sandıklı (Afyonkarahisar) Çevresinde Yetişen Patates (*S. tuberosum*) Çeşitlerinin Ekolojik İstekleri

Pizer, N.H. (1967), Some Advisory Aspects, Soil Potassium and Magnesium. Tech. Bull. No: 14:184, Press Ltd. Ipswich, Suffolk.

Saatçi, F.H., Tuncay, Ü., Altınbaş ve M.Ç., Akıncı. (1983). Toprak ve su analiz yöntemleri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Teksir No: 18-II, Bornova.

Serteser, A. (2018). Sandıklı (Afyonkarahisar) Çevresinin Nemli Yerler Vegetasyonu ve Toprak İlişkisi, Uluslararası Bilim ve Eğitim Kongresi-International Congress on Science and Education (UBEK-ICSE). I, 828, Proceeding

Book (91-98), 28-30 September, Sandıklı-Afyonkarahisar.

Walkley, A., Black, I.A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37: 29-38.

Yalçın, M., Çimrin, K.M. (2019). Şanlıurfa Siverek'te Yaygın Toprak Gruplarının Besin Elementi Durumları ve Bunların Bazı Toprak Özellikleri ile İlişkileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(1): 1-13.

Optimize Edilmiş Denetimli Öğrenme Algoritmaları ile Obezite Analizi ve Tahmini

Tülay TURAN 

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Burdur

Geliş Tarihi (Received): 06.10.2023, Kabul Tarihi (Accepted): 07.11.2023

✉ Sorumlu Yazar (Corresponding author*): tulayturan@mehmetakif.edu.tr

☎ +90 248 2134552 📠 +90 248 2134598

ÖZ

Obezite dünya genelinde gerçekleşen ölümlerin en önemli beşinci nedeni olarak karşımıza çıkan bir sağlık sorunudur. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) 2022 yılında yayınladığı raporda obezitenin birçok hastalığın temelini oluşturduğunu ve gerekli önlemler ve politikalar izlenerek durdurulabileceğini vurgulamıştır. Bu nedenle makine öğrenmesi algoritmaları ile obezite analizi ve tahmin uygulamaları önemlidir. Bu çalışmada, UCI makine öğrenmesi veri havuzundan alınan veriler kullanılarak, denetimli öğrenme algoritmalarından K-En Yakın Komşu (KNN) algoritması ve Rastgele Orman (RF) algoritması ile tahmin modelleri geliştirilmiştir. Bu modeller farklı istatistiksel değerlendirme kriterleri kullanılarak karşılaştırılmıştır. Değerlendirme sonucunda hiper parametre optimizasyonu gerçekleştirilen RF modeli %94 ortalama doğruluk (accuracy) sonucu ile en iyi tahmin sonucunu elde etmiştir. Çalışma obezite prevalansını etkileyen faktörleri analiz etmesi, görselleştirmesi ve yüksek bir başarı oranı ile seviyelerini tahmin etmesiyle önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Obezite Analizi, Denetimli Makine Öğrenmesi, Hiper parametre Optimizasyonu

Obesity Analysis and Prediction with Optimized Supervised Learning Algorithms

ABSTRACT

Obesity is a health problem that is the fifth most important cause of death worldwide. In the report published in 2022, the World Health Organization (WHO) emphasized that obesity forms the basis of many diseases and can be stopped by following the necessary measures and policies. Therefore, obesity analysis and prediction applications with machine learning algorithms are important. In this study, prediction models were developed with K-Nearest Neighbor (KNN) algorithm and Random Forest (RF) algorithm, which are supervised learning algorithms, using data from the UCI machine learning data repository. These models were compared using different statistical evaluation criteria. As a result of the evaluation, the RF model with hyperparameter optimization achieved the best prediction result with an average accuracy of 94%. The study is important because it analyzes and visualizes the factors affecting the prevalence of obesity and predicts its levels with a high success rate.

Keywords: Obesity Analysis, Supervised Machine Learning, Hyperparameter Optimization

GİRİŞ

Obezite, vücut yağının fazlalığı olarak tanımlanan, dünya çapında ciddi bir halk sağlığı sorunudur. Çok sayıda çalışma, obezitenin bireylerin genetik yapılarından, toplumsal, kültürel sağlıksız beslenme alışkanlıklarından kaynaklanan, karmaşık bir sağlık sorunu olduğunu göstermiştir (Caballero, 2005; Ogden ve ark., 2006). Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından ölüm ve sakatlığın önemli bir belirleyicisi olarak tanımlanan obezite; yüksek tansiyon, beslenme riskleri ve tütünden sonra bulaşıcı olmayan hastalıklar açısından dördüncü en yaygın risk faktörü olarak dikkat çekmektedir (Koo ve ark., 2023; Vizmanos ve ark., 2023). En son veriler aşırı kilo ve obezitenin dünya çapında her yıl 1,3 milyondan fazla ölüme yol açtığını göstermektedir (Bansal ve ark., 2023; Brero ve ark., 2023; Wanjau ve ark., 2023).

DSÖ tarafından paylaşılan Avrupa Bölgesel Obezite Raporu'nda; yetişkinlerin neredeyse üçte ikisinin aşırı kilolu veya obez olduğu ve bu düzeylerin artmaya devam ettiği belirtilmiştir. Raporda obezitenin kardiyovasküler hastalıklar (CVD), 13 kanser türü, tip 2 diyabet (T2DM), obstrüktif uyku apnesi (OSA) ve kronik solunum hastalıkları dahil olmak üzere birçok bulaşıcı olmayan hastalık (BOH) için artan riskle bağlantılı olduğuna dikkat çekilmiştir. Rapor, önümüzdeki yıllarda bölgedeki bazı ülkelerde obezitenin kanser açısından ana risk faktörü olan sigarayı geride bırakacağını öngörmektedir. Raporda ayrıca obezitenin sadece bir risk faktörü değil, özel olarak tedavi edilmesi ve yönetilmesi gereken bir durum olduğunun da altı çizilmiştir (WHO,2022).

DSÖ 2030 yılında dünyadaki ölümlerin %30'unun yaşam tarzı hastalıklarıyla başlayacağını öngörmektedir. Bu sürecin ilgili risk faktörlerinin uygun şekilde tanımlanması, ele alınması ve davranışsal katılım politikalarıyla durdurulabileceğini öngörmektedir (WHO,2022). Bu nedenle obezitenin mümkün olduğu kadar erken tespit edilmesi çok önemlidir. Yapay zekanın bir alt kümesi olan makine öğrenmesi ile obezite teşhisi, obezite seviyelerinin sınıflandırılması, obeziteye neden olan risk faktörleri arasındaki bağlantıların tanımlanması, bu bağlamda dikkat çeken önemli bir konudur.

Literatür taramalarında online paylaşılan obezite verileri kullanılarak, çeşitli makine öğrenmesi uygulamalarının geliştirildiği görülmüştür. Cui ve arkadaşları (2021) UCI Makine Öğrenimi Havuzunda bulunan bir veri kümesini kullanarak obezite seviyelerini sınıflandırmışlardır. Çalışmalarında Logistic Regression, SVM (Support Vektor Machine), KNN (K Nearest Neighbor),

DT (Decision Tree) ve RF (Random Forest) makine öğrenme yöntemlerini kullanmışlardır. Sonuç olarak RF modelinin %85,58 ile en iyi sonucu elde ettiğini belirtmişlerdir. Clem's ve arkadaşları (2022) çalışmalarında, keşifsel veri analizi ve veri ön işleme sonrasında k-katlı çapraz doğrulama ile modellerinin eğittiklerini. Eğitim sonucunda SVM modelinin en iyi doğruluk sonucunu elde ettiğini belirtmişlerdir. Jeon ve arkadaşları (2023) yetişkinler (19-79 yaş) için obezitenin yaşa ve cinsiyete özgü risk faktörlerini araştırmışlardır. Çalışma bulgularında, farklı makine öğrenimi algoritmaları altında obezite risk faktörlerinin yaşa ve cinsiyete duyarlı olduğunu gösterdiğini belirtmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda 19-39 yaş grubu için %70'in üzerinde doğruluk oranı, 60-79 yaş grubu için yaklaşık %65 doğruluk oranı elde etmişlerdir. Yaygın ve arkadaşları (2023) eğitimli sinir ağı modeli kullanarak obezite düzeyini tahmin etmeyi amaçlamışlardır. Obeziteyle ilişkili en kritik faktörleri belirlemek için ki-kare, F-Classify ve karşılıklı bilgi sınıflandırma algoritmaları kullandıklarını belirtmişlerdir. Roy ve Protity (2023) bir bireyin sağlıklı olması için ihtiyaç duyduğu besin miktarını tahmin etmek amacıyla makine öğrenimine dayalı yeni bir sistem önermişlerdir. Geliştirdikleri LightGBM modeli ile düşük kök ortalama kare hatası (RMSE) ve %79,27 doğruluk değeri elde ettikleri görülmüştür. Mondal ve arkadaşları (2023) çalışmalarında BMI ölçümleri ve cinsiyet gibi temel bilgileri kullanarak obeziteyi tahmin etmektedir. Modellerinin, bir çocuğun beş yaşındaki obezite kategorisini (normal, fazla kilolu veya obez) üç uygulama senaryosu için sırasıyla %89, %77 ve %89 doğrulukla tahmin edebildiğini belirtmişlerdir. Danacı ve arkadaşları (2023) Komşuluk Bileşen Analizi (KBA) yöntemi ile özellik seçimi yapılan veriler üzerinde XGBoost ve DT algoritmaları ile obezite düzeylerini sınıflandırmışlardır. Çalışmalarında özellik seçimi sonrasında her iki model sonucunda %1 artış gözlemlediklerini belirtmişlerdir. Dugan ve arkadaşları (2015) CHICA veri setini kullanarak, iki yaşından sonra çocuklukta obeziteyi tahmin etmeyi amaçlamışlardır. Çalışmalarında eğittikleri ID3 modelinin %85 doğruluk ve %89 hassasiyetle en iyi genel performansı el ettiğini belirtmişlerdir. Ferdowsy ve arkadaşları (2021) çalışmalarında yüksek, orta ve düşük obezite seviyelerini sınıflandırmışlardır. Lojistik Regresyon Algoritmasının diğer sınıflandırıcılara göre %97,09 ile en yüksek doğruluğa ulaştığını belirtmişlerdir.

Literatürde gerçekleştirilen çalışmaların genel olarak beden kitle indeksinin hesaplanmasıyla sınırlı kaldığı, aile obezite geçmişi, fiziksel aktiviteler, beslenme geçmişi gibi obezite ile ilişkili önemli faktörlerin göz ardı edildiği görülmüştür. Bu bağlamda çalışmada obeziteyi etkileyen faktörler dikkate alınarak tahmin modelleri geliştirilmiştir. Çalışma ile

Optimize Edilmiş Denetimli Öğrenme Algoritmaları ile Obezite Analizi ve Tahmini

- Çağımızın en dikkat çeken hasatlıklarından biri olan obezitenin önlenmesi için gerçekleştirilen yapay zeka çalışmalarına katkı sağlanması,
- Obezite üzerinde en önemli etkiye sahip prediktif faktörlerin grafikler ile sunulması,
- Obezite seviyesinin otomatik tahmini için makine öğrenmesi modellerinin geliştirilmesi ve hiper parametre optimizasyonu ile en iyi sonuçların elde edilmesi,
- Makine öğrenimine dayalı bu tahmin sayesinde bireylerin sağlıkları konusunda daha dikkatli ve bilinçli olması amaçlanmaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Veri Seti

Çalışmada kullanılan veri seti UCI makine öğrenmesi veri havuzundan elde edilmiştir. Veri seti Meksika, Peru ve Kolombiya ülkelerindeki bireylerin yeme alışkanlıklarına ve fiziksel durumlarına göre obezite düzeylerinin tahmin edilmesine yönelik bilgileri içermektedir. Veriler 17 nitelik ve 2111 kayıttan oluşmaktadır (UCI, 2023). Tablo 1’de veri seti içerisinde yer alan ve çalışmada bağımsız değişken olarak kullanılan alanların isimleri ve açıklamaları gösterilmektedir.

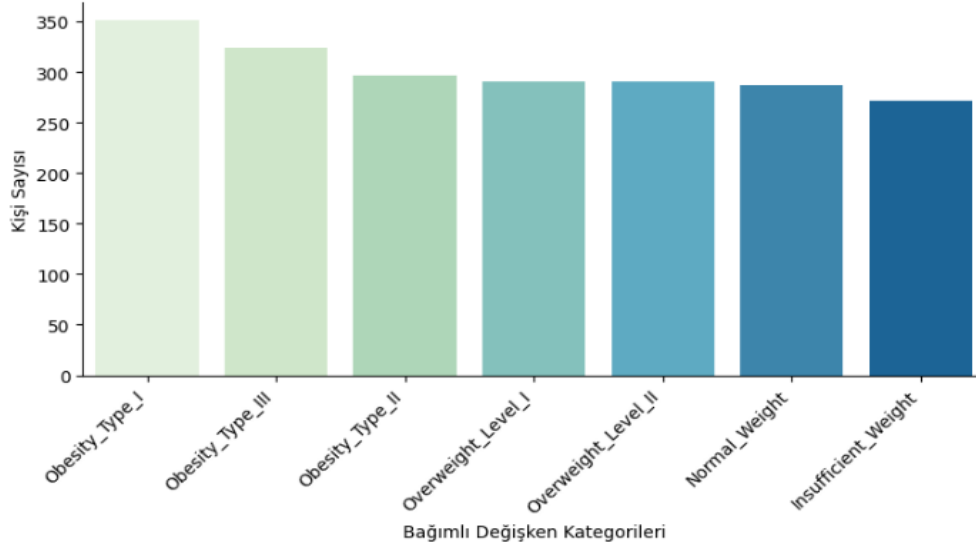
Tablo 1. Veri seti bağımsız değişken bilgileri ve açıklamaları

| Bağımsız Değişkenler | Değişken Açıklaması | Özellik Kümesi |
|---|---|-------------------------|
| Cinsiyet | Cinsiyet türünün belirtildiği kategorik değer | |
| Yaş | Bireylerin yaşını gösteren sayısal değer | Kişisel Özellikler |
| Boy | Bireylerin boyunu metre cinsinden gösteren sayısal değer | |
| Kilo | Bireylerin kilosunu kilogram cinsinden gösteren sayısal değer | |
| Aile obezite geçmişi | Aile obezite geçişinin belirtildiği kategorik değer | |
| Yüksek kalorili yiyeceklerin sık tüketilmesi (FAVC) | Yüksek kalorili yiyeceklerin sık tüketilmesinin belirtildiği kategorik değer | Beslenme Alışkanlıkları |
| Sebze tüketim sıklığı (FCVC) | Sebze tüketim sıklığı (1 = hiçbir zaman, 2 = bazen, 3 = her zaman) | |
| Ana öğün sayısı (NCP) | Ana öğün sayısı (1 = 1 ile 2 arası, 2 = üç, 3 = üçten fazla, 4 = cevap yok) | |
| Öğün aralarında besin tüketimi (CAEC) | Öğün aralarında besin tüketimi (1 = hayır, 2 = bazen, 3 = sık sık, 4 = her zaman) | |
| Sigara (SMOKE) | Sigara içip/ içmediğinin belirtildiği kategorik değişken | |
| Günlük su tüketimi (CH2O) | Günlük su tüketimi miktarı (1 = bir litreden az, 2 = 1 ile 2 litre arası, 3 = 2 litreden fazla) | |
| Alkol tüketimi (CALC) | Alkol tüketim miktarı (1= hayır, 2 = bazen, 3 = sık sık, 4 = her zaman) | |
| Kalori tüketimi izleme (SCC) | Bireylerin kalori alıp almadığını izlemesini kontrol eden kategorik değer | Fiziksel Aktiviteler |
| Fiziksel aktivite sıklığı (FAF) | Fiziksel aktivite sıklığı (1=hiçbir zaman, 2=haftada bir veya iki kez, 3=haftada iki veya üç kez, 4=haftada dört veya beş kez) | |
| Teknoloji cihazlarını kullanma süresi (TUE) | Bireylerin teknoloji cihazlarını kullanma süresi (0 = yok, 1 = bir saatten az, 2 = bir ile üç saat arası, 3 = üç saatten fazla) | |
| Kullanılan ulaşım aracı (MTRANS) | Bireylerin kullandığı ulaşım araçlarını gösteren kategorik değişken (otomobil, motosiklet, bisiklet, toplu taşıma, yürüyüş) | |

Optimize Edilmiş Denetimli Öğrenme Algoritmaları ile Obezite Analizi ve Tahmini

Veri setinde yer alan her bir kayıt Yetersiz Kilo, Normal Kilo, Fazla Kilo Seviye I, Fazla Kilo Seviye II, Obezite Tip I, Obezite Tip II ve Obezite Tip III olmak üzere yedi obezite kategorisi olarak etiketlenmiştir. Şekil 1’de veri seti içerisinde yer alan ve çalışmada bağımlı değişken

olarak kullanılan “NObeyesdad” alanının her biri kategorisine ait veri setinde yer alan kişi sayısı gösterilmektedir.



Şekil 1. Bağımlı değişken kategorileri ve kişi sayıları

Model Değerlendirme Metrikleri

Değerlendirme metrikleri makine öğrenimi görevlerine bağlıdır. Sınıflandırma ve regresyon görevleri için farklı metrikler vardır. Sınıflandırma, giriş verileri verilen sınıf etiketlerinin tahmin edilmesiyle ilgilidir ve denetimli öğrenme yöntemlerinden. Sınıflandırma performansını ölçmenin birçok yolu vardır. Accuracy (doğruluk), confusion matrix (karışıklık matrisi), log-loss (log kaybı) ve AUC-ROC en popüler ölçümlerden bazılarıdır (Le-

ver,2016). Precision (hassasiyet) ve recall (geri çağırma), sınıflandırma problemlerinde yaygın olarak kullanılan ölçümlerdir.

Confusion Matrix bir sınıflandırıcının, farklı sınıf etiketlerini ne ölçüde sınıflayabileceğini gösteren analiz aracıdır (Susmağa,2004). Tablo 2’de gösterildiği gibi Confusion matrix sınıflandırma sonuçlarını alır ve bunları dört kategoriye ayırır.

Tablo 2. Confusion matrix kategorileri

| | |
|----------------------------|---|
| Gerçek Pozitif (TP) | Hem gerçek hem de tahmin edilen değerler 1 olduğunda elde edilen değer. |
| Gerçek Negatif (TN) | Hem gerçek hem de tahmin edilen değerler 0 olduğunda elde edilen değer. |
| Yanlış Pozitif (FP) | Gerçek değer 0 ancak tahmin edilen değer 1 olduğunda elde edilen değer. |
| Yanlış Negatif (FN) | Gerçek değer 1 ancak tahmin edilen değer 0 olduğunda elde edilen değer. |

Confusion Matrix’de yer alan değerler kullanılarak, modellere ait accuracy, precision ve recall hesaplamaları

yapılabilmektedir. Accuracy, sınıflandırıcının ne sıklıkta doğru tahminde bulunduğunu ölçer. Doğru tahmin

Optimize Edilmiş Denetimli Öğrenme Algoritmaları ile Obezite Analizi ve Tahmini

sayısının toplam tahmin sayısına oranı olarak tanımlayabiliriz. Denklem 1'de accuracy hesaplama formülü verilmiştir.

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

Preccion, gerçek pozitiflerin model tarafından tahmin edilen tüm pozitiflere oranıdır. Çarpık ve dengesiz veri kümesi için kullanışlıdır. Model ne kadar çok Yanlış pozitif tahmin ederse, kesinlik de o kadar düşük olur. Denklem 2'de preccion hesaplama formülü verilmiştir.

$$Preccion = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2)$$

Recall, gerçek pozitiflerin veri kümenizdeki tüm pozitiflere oranıdır. Modelin pozitif örnekleri tespit etme yeteneğini ölçer. Model ne kadar çok yanlış negatif tahmin ederse hatırlama oranı da o kadar düşük olur. Denklem 3'te recall hesaplama formülü verilmiştir.

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

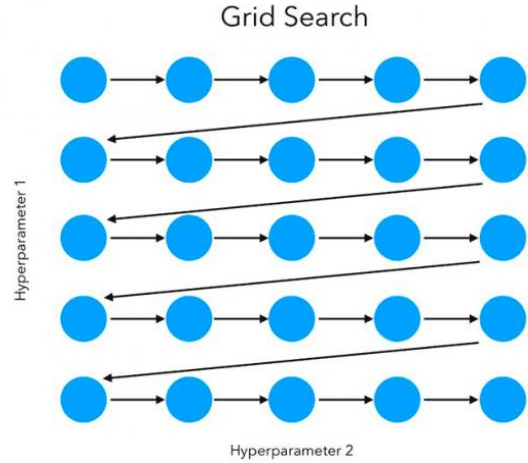
Hiper parametre Optimizasyonu

Makine Öğrenimi modeli, verilerden öğrenilmesi gereken bir dizi parametrenin yer aldığı matematiksel bir model olarak tanımlanabilir. Bir modeli mevcut verilerle eğiterek model parametrelerine uyum sağlayabiliriz. Bu parametrelerden farklı olarak model mimarisini tanımlayan parametreler de vardır ve hiper parametre olarak adlandırılır. Hiper parametreler gerçek eğitim süreci başlamadan önce ayarlanabilen değerlerdir. Bu parametreler ile modelin karmaşıklığı veya ne kadar hızlı öğrenmesi gerektiği gibi önemli özellikler belirlenebilir ve model performansı artırılabilir.

Makine öğrenme modellerinde varsayılan olarak verilen hiper parametreler değerleri en iyi performansın sağlanacağını garanti etmemektedir (Young ve ark.,2015). Bu nedenle, hiper parametre değerlerinin ayarlanması (tune edilmesi) modelin performansını büyük ölçüde etkileyebilmektedir. Modellerin fazla miktarda hiper parametreye sahip olması bu değerlerin elle ayarlanmasını neredeyse imkânsız hale getirmektedir.

GridSearch, otomatik hiper parametre ayarlama için en sık kullanılan optimizasyon yöntemi olarak literatürde görülmektedir. GridSearch önceden tanımlanmış bir kümedeki olası her hiper parametre kombinasyonu

için bir modelin eğitilmesini içeren bir ayarlama yöntemidir (Bashir,2016). Algoritma modelleri tüm olası kombinasyonlar için eğitilir ve doğruluk, F1 puanı gibi belirli bir ölçüm ile değerlendirir. Son aşamada kurulan modellerde, en iyi model performansı ile sonuçlanan hiper parametrelerin kombinasyonu optimal set olarak seçilir ve model bu parametre değerlerine göre eğitilerek en iyi tahmin sonucu elde edilir. Şekil 2'de GridSearch kullanılarak hiper parametre ayarlarının yapılması gösterilmektedir.

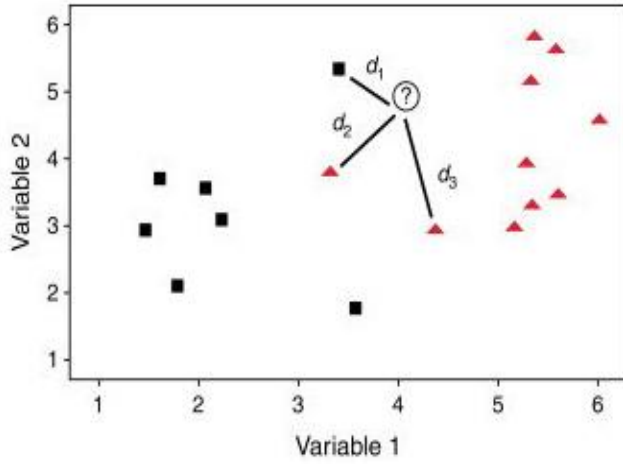


Şekil 2. GridSearch kullanılarak hiper parametre ayarlarının yapılması (URL-1, 20223)

K-en Yakın Komşu Algoritması (KNN)

KNN, benzer veri noktalarının benzer etiketlere veya değerlere sahip olma eğiliminde olduğu fikrine dayanan bir algoritmadır. Eğitim aşamasında tüm eğitim veri setini referans olarak saklar. Daha sonra seçilen bir mesafe ölçüsünü kullanarak giriş veri noktası ile tüm eğitim örnekleri arasındaki mesafeyi hesaplayarak tahminlerde bulunur. Şekil 3'te KNN algoritmasında değişkenler arasında uzaklık ölçümü ve sınıflandırılması gösterilmektedir.

Optimize Edilmiş Denetimli Öğrenme Algoritmaları ile Obezite Analizi ve Tahmini



Şekil 3. KNN algoritmasında uzaklık ölçümü ve sınıflandırma (URL-2, 2023)

Uzaklık ölçüsünün hesaplanması için euclidean, manhattan, minkowski, mahalnobis, tangential, cosine ölçüm yöntemleri kullanılabilir (Moosavian ve ark.,2013). Euclidean değeri, dikkate alınan iki noktayı birleştiren düz çizginin uzunluğu olarak tanımlanabilir. Bu ölçüm, bir nesnenin iki durumu arasında yapılan net yer değiştirmeyi hesaplamamıza yardımcı olur. Denklem 4'te Euclidean uzaklık hesabı verilmiştir.

$$\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (4)$$

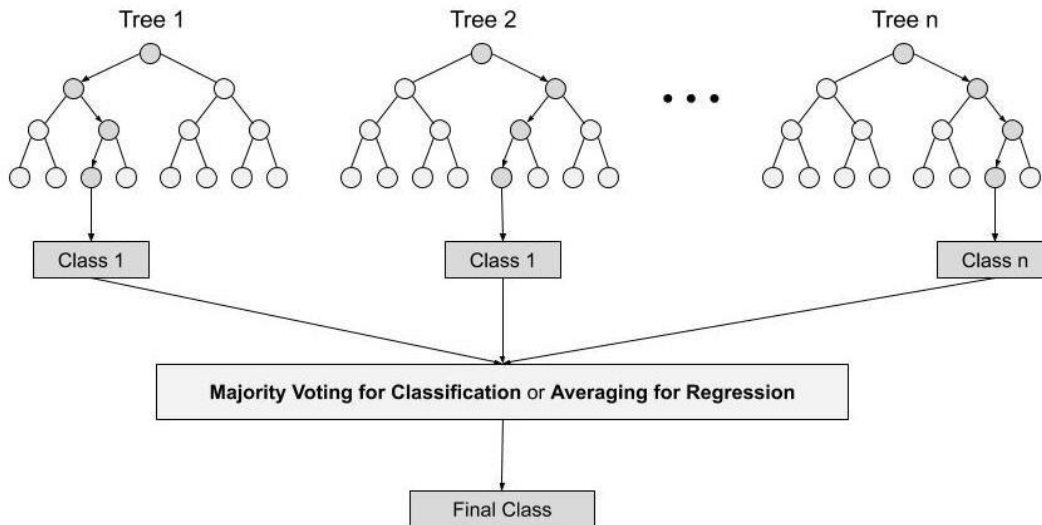
Manhattan ölçümü nesnenin kat ettiği toplam mesafeyi ölçmek için kullanılır. Bu metrik, n boyutlu noktaların koordinatları arasındaki mutlak farkın toplanmasıyla hesaplanır. Denklem 5'te Manhattan uzaklık hesabı verilmiştir.

$$\sum_{i=1}^n |x_i - y_i| \quad (5)$$

Denklemlerde yer alan n değeri "boyut sayısı", x değeri "veri kümesinden veri noktası" ve y değeri "yeni veri noktası (tahmin edilecek)" olarak tanımlanabilir.

Rastgele Orman Algoritması (RF)

RF, belirli bir veri kümesinin çeşitli alt kümelerindeki bir dizi karar ağacını içeren ve bu veri kümesinin tahmin doğruluğunu artırmak için ortalamayı alan bir sınıflandırıcıdır. RF, tek bir karar ağacına güvenmek yerine her ağaçtan tahmini alır ve tahminlerin çoğunluk oylarına dayanarak nihai çıktığı tahmin eden algoritmadır. Şekil 4'te RF genel yapısı görülmektedir.



Şekil 4. RF genel yapısı

RF sınıflandırıcısı, nitelik seçim ölçüsü olarak Gini İndeksini kullanır. Belirli bir T eğitim seti için, rastgele bir durumun Ci sınıfına ait olup olmadığı hesaplamak için

Gini indeksi Denklem 6'da gösterildiği gibi hesaplanır. Denklemde f(Ci, T) / |T| seçilen durumun Ci sınıfına ait olma olasılığıdır.

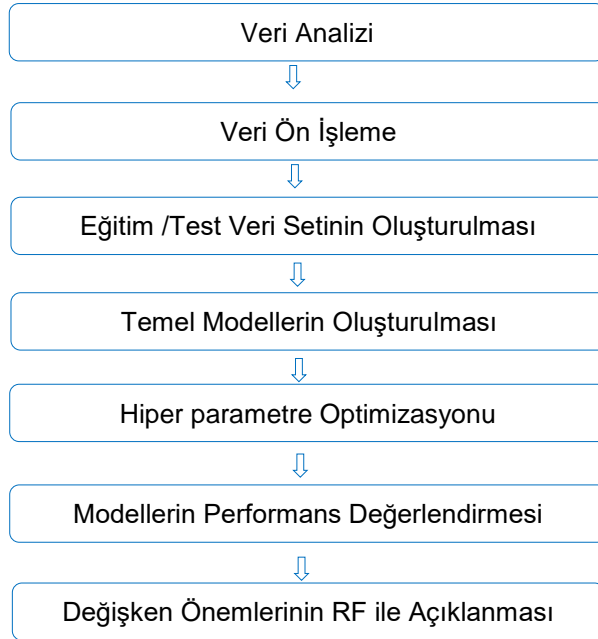
Optimize Edilmiş Denetimli Öğrenme Algoritmaları ile Obezite Analizi ve Tahmini

$$\sum_{j \neq i} f(C_i, T) / |T| (f(C_j, T) / |T|) \quad (6)$$

Her seferinde bir ağaç, özelliklerin bir kombinasyonunu kullanarak yeni eğitim verileri üzerinde maksimum derinliğe kadar büyütülür. Tamamen büyümüş olan bu ağaçlar budanmaz. Bu, rastgele orman sınıflandırıcısının Quinlan (2014) tarafından önerilene benzer diğer karar ağacı yöntemlerine göre en büyük avantajlarından biridir. Çalışmalar, öznel seçim ölçütlerinin değil, budama yöntemlerinin seçiminin ağaç tabanlı sınıflandırıcıların performansını etkilediğini ileri sürmektedir (Mingers, 1989; Pal ve ark., 2003). Breiman (2001) ağaç sayısı arttıkça genelleme hatasının her zaman ağacı budamadan bile yakınsadığını ve Büyük Sayılar Kuvvetli Yasası (Feller, 1991) nedeniyle aşırı uyumun bir sorun olmadığını öne sürmektedir.

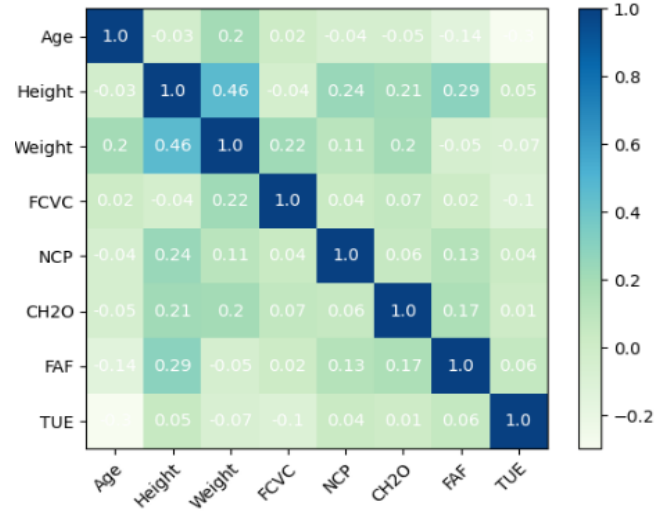
BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada obezite ile ilişkili önemli faktörleri tespit etmek ve obezite seviyelerinin tahmini için denetimli öğrenme modeli sınıflandırma tekniklerinden K-En Yakın Komşu algoritması ve Rastgele Orman algoritması ile modeller geliştirilmiştir. Çalışma sırasında gerçekleştirilen işlem adımları Şekil 5'te verilmiştir.



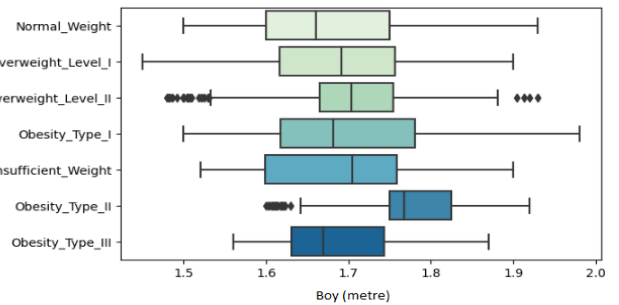
Şekil 5. Çalışma sırasında gerçekleştirilen işlem adımları

Veri kümesini analiz etmek için öncelikle korelasyon hesabı gerçekleştirilmiştir. Korelasyon hesabı ilişkili veya ilişkisiz değişkenleri verimli bir şekilde tanımasına olanak tanıyan bir hesaplama türüdür. Korelasyon katsayısı -1 ile 1 arasında olup, bu değer ne kadar 1'e yakınsa değişkenler arasındaki ilişki o kadar güçlü anlamına gelmektedir. Bu yöntemle yalnızca niceliksel verilerin ilişkisi belirlenebilir. Bu nedenle niceliksel değişkenlerden gelen sayıları niteliksel, kategorik değişkenlerin sayılarıyla karşılaştıramayız. Şekil 6'da veri setinde yer alan niceliksel değişkenlerin birbiri ile olan ilişkisi ısı grafiği ile gösterilmektedir.



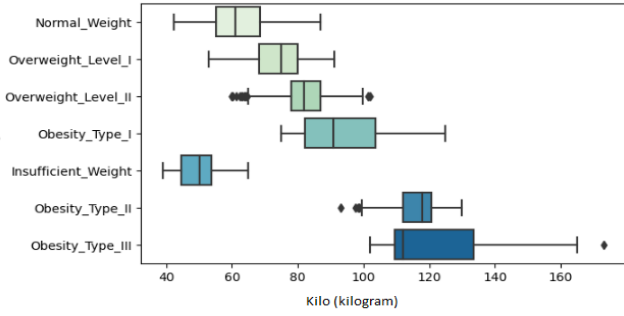
Şekil 6. Nicel değişkenlerin ısı grafiği

Grafiğe göre boy ve kilo nicel değişkenlerinin 0,46 korelasyon değeri ile en yüksek ilişki seviyesine sahip olan iki değişken oldukları görülmektedir. En yüksek korelasyon değerine sahip bu değişkenlerin obezite seviyesi tahmininin ayrılmaz bir parçası olduğu görülmüştür. Şekil 7'de boy değişkeni, Şekil 8'de kilo değişkeni için veri setinde yer alan katılımcı dağılımı gösterilmektedir.



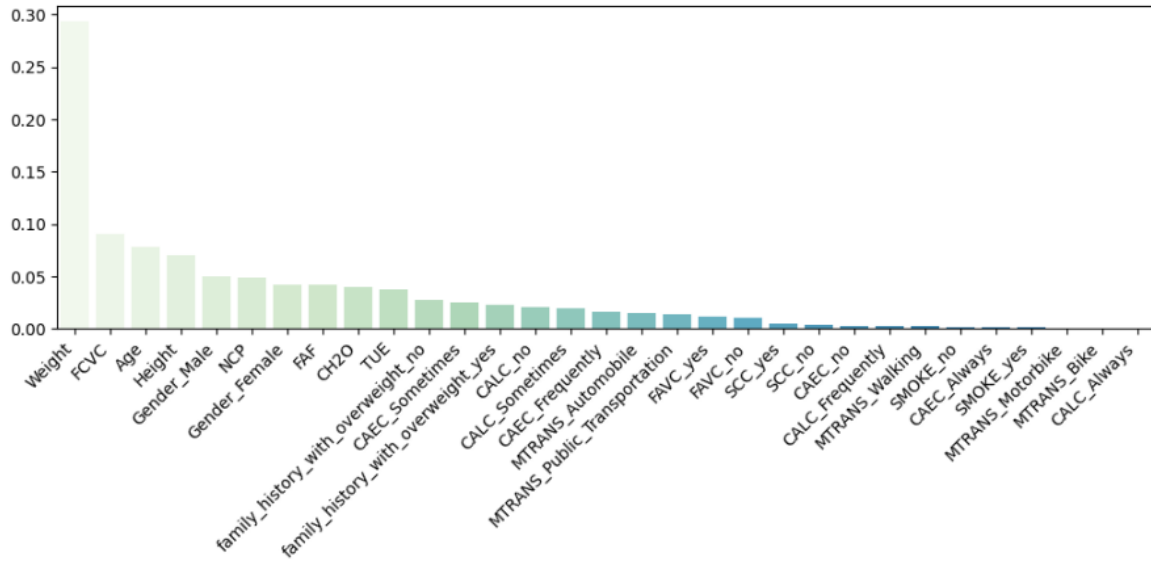
Şekil 7. Boy değişkeninin obezite seviyelerine göre kişi sayısı

Optimize Edilmiş Denetimli Öğrenme Algoritmaları ile Obezite Analizi ve Tahmini



Şekil 8. Kilo değişkeninin obezite seviyelerine göre kişi sayısı

Değişken özellik önemi, bağımlı değişkeni tahmin etmede bağımsız değişkenlerin ne kadar yararlı olduklarını gösteren, bir puan atama yöntemidir. Çalışmada bağımsız değişkenlerin önem dereceleri Rastgele Orman Önem Hesaplaması ile ortaya koyulmuştur. Şekil 9'da sınıflandırma görevi için bağımsız değişkenlerin önemini seviyeleri gösterilmektedir. Şekle göre weight, FCVC, age, height değişkenleri sonuca en çok etki eden değişkenler olarak görülürken, smoke, MTRANS ve CALC değişkenleri sonuca etkisi en az olan değişkenler olarak görülmektedir. Çalışmada modelinizin karmaşıklığını azaltmak için daha az etkili değişkenler kaldırılmıştır. Bu durum aşırı uyumun önlenmesine ve model sonuçlarının iyileştirilmesine yardımcı olmuştur.



Şekil 9. Rastgele Orman ile değişken önem hesaplaması

Veri ön işleme, ham verinin anlaşılır bir formata dönüştürülmesi işlemidir. Ham verilerle çalışamayacağımız için veri madenciliğinde de önemli bir adımdır. Çalışmada ilk olarak veri setinde yer alan object ve text veri türüne sahip değişkenler kategorik veri türüne dönüştürülmüştür. Daha sonra float veri türündeki değişkenler en yakın tam sayı veri türüne dönüştürülmüştür.

Çalışmada makine öğrenimi modellerini eğitmeden önce Holdout yöntemi ile veriler %70 eğitim, %30 test verisi olmak üzere iki kümeye bölünmüştür. Buna göre veri setinde yer alan 2111 kayıttan 1478 tanesi eğitim seti, 633'ü test seti olarak belirlenmiştir. Daha sonra K-En Yakın Komşu algoritması ve Rastgele Orman algoritması için temel modeller kurulmuştur. KNN temel modeli ortalama %87 doğruluk değeri ile obezite seviyelerini tahmin etmiştir. Temel modelinin her obezite sınıfı için elde ettiği precision, recall, f1-score performans değerleri Tablo 3'de gösterilmektedir.

Tablo 3. KNN temel modeli tahmin performans değerleri

| Obezite Sınıfı | Precision | Recall | F1-Score | Accuracy |
|----------------------|-----------|--------|----------|----------|
| Yetersiz Kilo | 0.80 | 0.98 | 0.88 | 0.87 |
| Normal Kilo | 0.87 | 0.51 | 0.64 | |
| Obezite Tip I | 0.87 | 0.90 | 0.89 | |
| Obezite Tip II | 0.97 | 0.98 | 0.89 | |
| Obezite Tip III | 0.99 | 1.00 | 0.99 | |
| Fazla Kilo Seviye I | 0.82 | 0.94 | 0.87 | |
| Fazla Kilo Seviye II | 0.78 | 0.71 | 0.74 | |

Optimize Edilmiş Denetimli Öğrenme Algoritmaları ile Obezite Analizi ve Tahmini

RF temel modeli ortalama %93 doğruluk değeri ile KNN modele göre daha yüksek bir tahmin başarısında bulunmuştur. RF temel modelinin her obezite sınıfı için elde ettiği precision, recall, f1-score performans değerleri Tablo 4'de gösterilmektedir.

Tablo 4. RF temel modeli tahmin performans değerleri

| Obezite Sınıfı | Precision | Recall | F1-Score | Accuracy |
|----------------------|-----------|--------|----------|----------|
| Yetersiz Kilo | 0.99 | 0.95 | 0.97 | 0.93 |
| Normal Kilo | 0.80 | 0.90 | 0.85 | |
| Obezite Tip I | 0.98 | 0.95 | 0.96 | |
| Obezite Tip II | 0.99 | 1.00 | 0.99 | |
| Obezite Tip III | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| Fazla Kilo Seviye I | 0.89 | 0.81 | 0.85 | |
| Fazla Kilo Seviye II | 0.87 | 0.93 | 0.90 | |

Temel modellerden elde edilen tahmin değerlerinin iyileştirilmesi için, hiper parametre optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Optimizasyon için literatürde en sık kullanılan yöntemlerden olan scikit-learn kütüphanesindeki GridSearch nesnesi kullanılmıştır. GridSearchCv ile modelde denenmesi istenen hiper parametre değerleri için ayrı ayrı modeller kurulmuştur. KNN algoritmasında n-neighbours (komşu sayısı), metric (mesafe ölçüm yöntemi) ve weight (ağırlık) hiper parametreleri için en başarılı sonucu veren hiper parametre değerleri belirlenmiştir. RF algoritmasında criterion (bölünme yöntemi), max-depth (maksimum derinlik) ve n_estimators (ağaç sayısı) hiper parametreleri için en başarılı sonucu veren hiper parametre değerleri belirlenmiştir. Modeller için en iyi doğruluk sonucunun elde edilmesini sağlayan hiper parametre değerleri Tablo 5'te gösterilmektedir.

Tablo 5. Modellere ait hiperparametre değerleri

| Modeller | Hiperparametre | Değer |
|-------------------------|----------------|-----------|
| K-en Yakın Komşu Modeli | n_neighbors | 4 |
| | p(metric) | manhattan |
| | weights | distance |
| Rastgele Orman Modeli | criterion | entropy |
| | max_depth | 90 |
| | n_estimators | 160 |

Hiperparametre optimizasyonundan sonra nihai modeller kurulmuş ve modellerin sınıflandırma performansları precision, recall, f1-score ve accuracy değerlendirme ölçütleri ile karşılaştırılmıştır. KNN optimize edilmiş modeli ortalama %91 doğruluk değeri ile obezite seviyelerini tahmin etmiştir. Optimize edilmiş modelinin her obezite sınıfı için elde ettiği precision, recall, f1-score performans değerleri Tablo 6'da gösterilmektedir.

Tablo 6. KNN optimize edilmiş model tahmin performans değerleri

| Obezite Sınıfı | Precision | Recall | F1-Score | Accuracy |
|----------------------|-----------|--------|----------|----------|
| Yetersiz Kilo | 0.87 | 1.00 | 0.93 | 0.91 |
| Normal Kilo | 0.85 | 0.60 | 0.70 | |
| Obezite Tip I | 0.92 | 0.95 | 0.93 | |
| Obezite Tip II | 0.98 | 1.00 | 0.99 | |
| Obezite Tip III | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| Fazla Kilo Seviye I | 0.87 | 0.89 | 0.88 | |
| Fazla Kilo Seviye II | 0.86 | 0.87 | 0.87 | |

RF optimize edilmiş modeli ortalama %94 doğruluk değeri ile KNN modele göre daha yüksek bir tahmin başarısında bulunmuştur. RF temel modelinin her obezite sınıfı için elde ettiği precision, recall, f1-score performans değerleri Tablo 7'de gösterilmektedir.

Tablo 7. RF optimize edilmiş model tahmin performans değerleri

| Obezite Sınıfı | Precision | Recall | F1-Score | Accuracy |
|----------------------|-----------|--------|----------|----------|
| Yetersiz Kilo | 0.99 | 0.93 | 0.96 | 0.94 |
| Normal Kilo | 0.81 | 0.91 | 0.86 | |
| Obezite Tip I | 0.98 | 0.95 | 0.96 | |
| Obezite Tip II | 0.99 | 1.00 | 0.99 | |
| Obezite Tip III | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| Fazla Kilo Seviye I | 0.87 | 0.84 | 0.86 | |
| Fazla Kilo Seviye II | 0.90 | 0.92 | 0.91 | |

Optimize Edilmiş Denetimli Öğrenme Algoritmaları ile Obezite Analizi ve Tahmini

Tablo hiper parametre optimizasyonu ile elde edilen doğruluk değerlerinin daha iyi olduğunu göstermektedir.

SONUÇ

Obezite küresel nüfusun büyük bir bölümünü etkileyen ciddi bir halk sağlığı sorunudur. Doğru analiz edildiği takdirde obezite oranlarının kontrol altına alınabileceği görülmüştür. Bu çalışmada Meksika, Peru ve Kolombiya ülkelerinden bireylerin beslenme alışkanlıklarına ve fiziksel durumlarına göre obezite düzeylerinin tahmin edilmesine yönelik modeller geliştirilmiştir. Çalışma ile insanların neden fazla kilolu olduğunu belirlemeye ve kişinin fazla kilolu olup olmayacağını tahmin etmemize yardımcı olabilecek bir model oluşturmak amaçlanmıştır. Bunun için ilk olarak veri analizi gerçekleştirilmiş ve veriler arasındaki bağlantılar ince-

lenmiştir. Bu inceleme sonucunda nicel değişkenlerden boy ve kilo bağımsız değişkenlerinin obezite seviyesini belirlenmesinde en etkili değişkenler olduğu görülmüştür. Daha sonra Rastgele Ormanlar Önem Hesaplaması yapılmış ve veri setindeki en önemli 13 bağımsız değişkenler belirlenmiştir. Bağımsız değişkenlerin belirlenmesinden sonra denetimli öğrenme algoritmalarından KNN ve RF ile önce temel modeller daha sonra optimize edilmiş modeller kurulmuştur. Çalışmada geliştirilen RF modeli, optimizasyon işleminden sonra %94'lük doğruluk değeri ile en iyi performans gösteren model olmuştur. Geliştirilen model obezite seviyelerinden “yetersiz kilo” ve “aşırı kilo-1” tahminlerini %100'e yakın bir tahminleme başarısı ile de dikkat çekmektedir. Geliştirilen çalışma ve literatürde yer alan çalışmaların modelleri, tahmin başarı oranları ve kullandıkları yöntemler Tablo 8'de karşılaştırılmıştır. Buna göre çalışmanın elde ettiği başarı oranı ve kullandığı yöntemleri ile ön plana çıktığı görülmektedir.

Tablo 8. Literatürde yer alan çalışmaların ve gerçekleştirilen çalışmanın karşılaştırılması

| Çalışma Adı | Model | Accuracy |
|--|----------|----------|
| Five Machine Learning Supervised Algorithms for The Analysis and the Prediction of Obesity (Clem's ve ark., 2022) | RF | %91 |
| Estimation of Obesity Levels Based on Decision Trees (Cui ve ark., 2021) | XGBoost | %85,99 |
| Estimation of Obesity Levels with a Trained Neural Network Approach optimized by the Bayesian Technique (Yağın ve ark., 2023) | DL | %93.06 |
| OBESEYE: Interpretable Diet Recommender for Obesity Management using Machine Learning and Explainable AI (Roy ve ark., 2023) | LightGBM | %86.02 |
| Using machine learning to predict obesity in high school students (Zheng ve ark., 2017) | KNN | %88,82 |
| Machine Learning Approach for the Early Prediction of the Risk of Overweight and Obesity in Young People (Singh ve ark., 2020) | MLP | %90 |
| Machine learning approaches for the prediction of obesity using publicly available genetic profiles (Montañez ve ark., 2017) | SVM | %90,5 |
| Gerçekleştirilen Çalışma | RF | %94 |

Gerçekleştirilen çalışma ile bireylerin obeziteden mustarip olup olmayacakları tahmin edebilir ve uzmanlar tarafından onlara bazı önerilerde bulunulmasında yol gösterebilir. Gelecek çalışmalarda veri seti üzerinde farklı yapay zeka algoritmaları ile modeller kurulum, uygulamalar geliştirilebilir ve obezite hastalığının engellenmesi için yapılan çalışmalara katkı sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- Bansal, S., Jin, Y. (2023). Heterogeneous Effects of Obesity on Life Expectancy: A Global Perspective. *Annual Review of Resource Economics*, 15; DOI 10.1146/annurev-resource-022823-033521.
- Bashir, M. B., Abd Latiff, M. S. B., Coulibaly, Y., Yousif, A. (2016). A survey of grid-based searching techniques for

Optimize Edilmiş Denetimli Öğrenme Algoritmaları ile Obezite Analizi ve Tahmini

- large scale distributed data. *Journal of Network and Computer Applications*, 60, 170-179.
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine learning*, 45: 5-32.
- Brero, M., Meyer, C. L., Jackson-Morris, A., Spencer, G., Ludwig-Borycz, E., Wu, D., Nugent, R. (2023). Investment case for the prevention and reduction of childhood and adolescent overweight and obesity in Mexico. *Obesity Reviews*, 24(9); DOI 10.1111/obr.13595.
- Caballero, B. (2005). A nutrition paradox underweight and obesity in developing countries. *New England Journal of Medicine*, 352(15): 1514-1516.
- Clem's, M. L., Maniamfu, P., Louison, D. K. Five Machine Learning Supervised Algorithms for The Analysis and the Prediction of Obesity. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 7(12):1956-1964.
- Cui, T., Chen, Y., Wang, J., Deng, H., Huang, Y. (2021, May). Estimation of Obesity levels based on Decision trees. In *2021 International Symposium on Artificial Intelligence and its Application on Media (ISAIAM)* (pp. 160-165). IEEE.
- Danacı, Ç., Avcı, D. Arslan Tuncer, S. (2023). Komşuluk Bileşen Analizi Tabanlı Makine Öğrenimi Yöntemleri ile Obezite Seviyelerinin Tahmini. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 35 (2): 433-442.
- Dugan, T. M., Mukhopadhyay, S., Carroll, A., Downs, S. (2015). Machine learning techniques for prediction of early childhood obesity. *Applied clinical informatics*, 6(3):506-520.
- Feller, W. (1991). *An introduction to probability theory and its applications*, John Wiley & Sons.Ltd, England.
- Ferdowsy, F., Rahi, K. S. A., Jabiullah, M. I., Habib, M. T. (2021). A machine learning approach for obesity risk prediction. *Current Research in Behavioral Sciences*, 2: 100053; DOI 10.1016/j.crbeha.2021.100053.
- Jeon, J., Lee, S., Oh, C. (2023). Age-specific risk factors for the prediction of obesity using a machine learning approach. *Frontiers in Public Health*, 10; DOI 10.3389/fpubh.2022.998782.
- Koo, H. C., Tan, L. K., Lim, G. P., Kee, C. C., Omar, M. A. (2023). Obesity and Its Association with Undiagnosed Diabetes Mellitus, High Blood Pressure and Hypercholesterolemia in the Malaysian Adult Population: A National Cross-Sectional Study Using NHMS Data. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(4); DOI 10.3390/ijerph20043058.
- Lever, J. (2016). Classification evaluation: It is important to understand both what a classification metric expresses and what it hides. *Nature methods*, 13(8): 603-605.
- Mingers, J. (1989). An empirical comparison of pruning methods for decision tree induction. *Machine learning*, 4: 227-243.
- Mondal, P. K., Foyisal, K. H., Norman, B. A., Gittner, L. S. (2023). Predicting Childhood Obesity Based on Single and Multiple Well-Child Visit Data Using Machine Learning Classifiers. *Sensors*, 23(2): 759; DOI 10.3390/s23020759.
- Montañez, C. A. C., Fergus, P., Hussain, A., Al-Jumeily, D., Abdulaimma, B., Hind, J., Radi, N. (2017). Machine learning approaches for the prediction of obesity using publicly available genetic profiles. 2017 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), May 14-19, 2017, Online, IEEE, 2743-2750.
- Moosavian, A., Ahmadi, H., Tabatabaeefar, A., Khazaee, M. (2013). Comparison of two classifiers; K-nearest neighbor and artificial neural network, for fault diagnosis on a main engine journal-bearing. *Shock and Vibration*, 20(2), 263-272.
- Ogden, C. L., Carroll, M. D., Curtin, L. R., McDowell, M. A., Tabak, C. J., Flegal, K. M. (2006). Prevalence of overweight and obesity in the United States, 1999-2004.
- Pal, M., Mather, P. M. (2003). An assessment of the effectiveness of decision tree methods for land cover classification. *Remote sensing of environment*, 86(4): 554-565.
- Quinlan, J. R. (2014). *C4. 5: programs for machine learning*. Elsevier.
- Roy, M., Das, S., & Protity, A. T. (2023). OBESEYE: Interpretable Diet Recommender for Obesity Management using Machine Learning and Explainable AI. *arXiv preprint*. 4(6); DOI <https://doi.org/10.48550/arXiv.2308.02796>.
- Singh, B., Tawfik, H. (2020). Machine learning approach for the early prediction of the risk of overweight and obesity in young people. In *Computational Science-ICCS 2020: 20th International Conference, June 3-5, 2020, Amsterdam, The Netherlands*, 523-535.
- Susmaga, R. (2004). Confusion matrix visualization. In *Intelligent Information Processing and Web Mining*, May 17-20, 2004, Berlin, Heidelberg. 107-116.
- UCI (2023). <https://archive.ics.uci.edu/> (Erişim Tarihi: 10.06.2023)
- URL-1 (2023). https://www.researchgate.net/publication/278050782_The_use_of_the_k_nearest_neighbor_method_to_classify_the_representative_elements
- URL-2 (2023). <https://pymagesearch.com/2021/05/24/grid-search-hyperparameter-tuning-with-scikit-learn-gridsearchcv/>
- Vizmanos, B., Cascales, A. I., Rodríguez-Martín, M., Salmerón, D., Morales, E., Aragón-Alonso, A., Garaulet, M. (2023). Lifestyle mediators of associations among sestas, obesity, and metabolic health. *Obesity*, 31(5): 1227-1239.
- Wanjau, M. N., Kivuti-Bitok, L. W., Aminde, L. N., & Veerman, J. L. (2023). The health and economic impact and cost effectiveness of interventions for the prevention and control of overweight and obesity in Kenya: a stakeholder engaged modelling study. *Cost Effectiveness and Resource Allocation*, 21(1): 1-21.
- WHO (2022). European regional obesity report 2022. <https://www.who.int/europe/publications/item/9789289057738> (Erişim Tarihi: 15.07.2023)
- Yagin FH, Gülü M, Gormez Y, Castañeda-Babarro A, Colak C, Greco G, Fischetti F, Cataldi S.(2023) Estimation of Obesity Levels with a Trained Neural Network Approach optimized by the Bayesian Technique. *Applied Sciences*. 13(6); DOI 10.3390/app13063875
- Young, S. R., Rose, D. C., Karnowski, T. P., Lim, S. H., Patton, R. M. (2015). Optimizing deep learning hyper-parameters through an evolutionary algorithm. MLHPC '15: Proceedings of the Workshop on Machine Learning in High-

Optimize Edilmiş Denetimli Öğrenme Algoritmaları ile Obezite Analizi ve Tahmini

Performance Computing Environments, Nov 15,2015,
New York,United States,1-15.

Zheng, Z., Ruggiero, K. (2017). Using machine learning to predict obesity in high school students. In 2017 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine (BIBM), Nov 13-16,2017, Online,IEEE. 2132-2138.

Examining the Contributions of Foreign Architects to the Turkish Modernist Movement

Hilal TUNCER PÜRSELİM * and Duygu KURTOĞLU 

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü

Geliş Tarihi (Received): 17.10.2023, Kabul Tarihi (Accepted): 14.11.2023

✉ Sorumlu Yazar (Corresponding author*): hilaltuncer@mehmetakif.edu.tr

☎ +90 248 2132784 📠 +90 248 2132704

ABSTRACT

In terms of the assessment of the post-war period, Turkey was not directly involved in the war, but the country was as directly affected as any European country. Under the strong leadership of Atatürk, several reforms consisting of social, educational and industrial developments were carried out after the establishment of the Republic of Turkey in 1923. Architecture was one of the subjects that could be analysed within the framework of the educational reform. Robert Oerley, Ernst Egli, Clemens Holzmeister, Hermann Jansen, Martin Elsaesser, Martin Wagner, Hans Poelzig, Bruno Taut, Margarete Schütte-Lihotzky, Wilhelm Schütte, Robert Vorhoelzer and Paul Bonatz were some of the architects who were allowed to work in Turkey and who had beneficial works for the Turkish cities both in terms of urban planning and architectural context. The aim of this study is to evaluate the relationship between the works of refugee architects, particularly during their stay in Turkey, and their long-term and positive contributions to Turkish architecture in the post-war period. With the research, some questions will be answered, such as whether the foreign architects had a dominance or influence on the Turkish architects; and whether there are any foreign architects who tried to protect the existing traditional order.

Anahtar Kelimeler: Foreign architects, modernism, post war architecture

Yabancı Mimarların Türk Modernist Hareketine Katkılarının İrdelenmesi

ÖZ

Birinci Dünya Savaşı sonrası dönemi değerlendirmek gerekirse, Türkiye savaşa doğrudan dahil olmamakla birlikte, tüm Avrupa ülkeleri kadar doğrudan etkilenmiştir. Atatürk'ün güçlü liderliği altında, 1923 yılında Türkiye Cumhuriyeti kurulduktan sonra sosyal, eğitimsel ve endüstriyel gelişmelerden oluşan çeşitli reformlar yapılmıştır. Mimarlık, eğitim reformu kapsamında incelenebilecek konulardan biriydi. Robert Oerley, Ernst Egli, Clemens Holzmeister, Hermann Jansen, Martin Elsaesser, Martin Wagner, Hans Poelzig, Bruno Taut, Margarete Schütte-Lihotzky, Wilhelm Schütte, Robert Vorhoelzer ve Paul Bonatz Türkiye'de çalışmasına izin verilen ve Türkiye'nin şehirleri için hem kentsel planlama hem de mimari bağlamda faydalı çalışmalar yapan mimarlardır. Türkiye'nin modern çağa katılma sürecinin devam ettiği söylenebilir; gelen mimarlar geleneksel mimarinin yanı sıra modern akımların da Türk mimarisinde uygulanmasına yardımcı olmuştur. Bu çalışma, mülteci mimarların özellikle Türkiye'de kaldıkları süre boyunca yaptıkları çalışmalarla ilişkilerini ve savaş sonrası dönemde Türk mimarisine yaptıkları uzun vadeli ve olumlu katkıları değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Araştırma ile yabancı mimarların Türk mimarlar üzerinde hakimiyeti ya da etkisi olup olmadığı, mevcut geleneksel düzeni korumaya çalışan yabancı mimarlar olup olmadığı gibi sorulara cevap aranacaktır.

Keywords: Yabancı mimarlar, modernizm, savaş sonrası mimari

INTRODUCTION

The polity of Anatolia, which has been described by foreigners as being far away from the urban culture and identity prior to the establishment of the Republic of Turkey (Bademli, 1985; Yaman, 2003), was changed in accordance with Law No. 364 of 29 October 1923. By changing the system inherited from the Ottoman Empires, the impact of the Islamic state in the collective memory was nullified and a Turkish national identity was constituted in the newly established Turkish Republic. The Republic is a nation-state based on six principles: Republicanism, Populism, Statism, Nationalism, Secularism and Revolutionism (Gülmez, 2016). These reforms were the beginning of a new country emerging from war, facing Europe and trying to establish a modern civilisation. With the Industrial Promotion Law of 1927, the importance of cooperation with foreign experts in some fields such as science, culture and arts were determined. Therefore, direct access to the European level of science and technology was provided (Alpagut, 2010). Due to the destruction of the First World War and the changed regime of the country, it was necessary to reorganise the master plans of the cities. Therefore, the change of this architectural identity in Anatolia was not a total rejection of the traditional Ottoman values, on the contrary, it was important for the revival of most of the Anatolian cities (Behçet, 1933).

At the beginning of the 1900s, the capital, which was moved from Istanbul to Ankara, was particularly reminiscent of the country. Thus, a journalist described Ankara as "loose, lazy, stagnant, tired, sick and complaining; it was also a large village that was unpleasantly irregular, closed to the rules of science, education and health, and the general situation was old" (Bademli, 1985). In this way, the style of architecture that was to be adopted in the first years of the foundation meant a strong uplifting of the nation. For Atatürk, who founded the Republic of Turkey, building modern cities where people could live in prosperity and meet the demands of the century was the first step in dreaming of creating a modern society. Through this policy, it was decided that foreign town planners and architects could be appointed for this task.

MATERIAL AND METHOD

This study analyses interaction and change by conducting a conceptual and theoretical literature research on how foreign architects who had to migrate to Turkey influenced Turkish modern architecture in public and civil buildings during the reform period

which began with the establishment of the Republic. Turkish modern architecture was examined through the designs of foreign architects who had the opportunity to work in our country, and data on plans, facades and massing were collected and examined. The data and findings obtained from researching the designs of foreign architects were evaluated using a table.

Foreign Architects Coming to Turkey

In 1933, the Racial Law for the Restoration of the Professional Civil Service in Germany began to purge liberals, socialists and communists who were considered anti-national socialists, as well as those who were married to Jews or of Jewish descent (Gülmez, 2016). Many academics, scholars and artists of Aryan descent were dismissed from their jobs and forced to leave Germany. According to Reisman (2011), these intellectuals who fled Nazi Germany were unable to go to the US and the UK due to new immigration laws and the economic crisis. Moreover, the fact that many European countries abstained from any action that could endanger relations with Germany led these people to immigrate to Turkey in order to survive. On the other hand, the brainpower needed for the reforms planned as a pillar of development policy was already available among the asylum seekers who had invited the country. A relationship of mutual interest had been established between the two sides. Subsequently, the number of German-speaking scholars and craftsmen in Turkey increased with the addition of Austrian and Czech nationals following the Anschluss and Munich Treaties in 1938.

The struggle for survival was not the only reason why these asylum seekers came to Turkey after the Second World War. At the same time, they have brought their culture and knowledge to these lands and have contributed to the creation of an ethnic country within the period of some of their lives until the end of their lives and sometimes until their migration to other places. This is why this migratory history occupies an important place in the history of improving Turkey.

Kazancıgil, Ortaylı, ve Tanyeli (2000), talking about the asylum seekers who fled from Hitler's tyranny, says that most of these people would not have come here as tourists if they had had a normal life under the conditions of the time. The situation in Turkey has put this event in its place in history. From this point of view, these revolutions have been recognised with gratitude. Because they could not accept the people who fled Hitler from many European countries, who know German

Examining the Contributions of Foreign Architects to the Turkish Modernist Movement

culture and admire German culture. In this respect, Turkey has an unbiased perspective, disregarding.

Foreign Architects' Works in Turkey

During the 1st Nationalist Architectural Movement in Turkey (1890-1914), architects such as Giulo Mongeri, Vedat Tek and Mimar Kemalettin were influenced by European designs and built iconic buildings such as Ankara Palas, Is Bank and Vakif Apartment (Figure 1). However, it is reported that Mustafa Kemal Ataturk did not like the buildings of the 1st Nationalist Architectural Movement and expected Turkish architects to adopt a contemporary approach in their designs (Hasol, 2017). Due to the Republican period, there was a continuous improvement in several fields in the Turkish society. Architecture and urban planning were the developing fields led by Mustafa Kemal Ataturk. Due to the National Socialist regime, Turkey was a destination country for refugee architects; therefore, Ataturk employed Austrian architects such as Robert Oerley, Clemens Holzmeister and Ernst Egli in the fields of construction, urban development and urban planning (Tekeli, 2010). There was no pressure on the architects to work; the expectations were clear: "train students and design more westernised projects" (Zanter, 2007).

The foreign architects who came to Turkey with the reforms that followed the proclamation of the Republic also focused on large public buildings, as did Turkish architects, and concentrated on administration, education-culture, entertainment-recreation, trade, production, transport, etc. It can be seen that small-scale settlements, which are necessary for all settlements, have not been sufficiently studied. It can be seen that small settlements with different functions, which are necessary in all settlements, have not been sufficiently studied (Ergut, 2009). Architects such as Sedad Hakkı Eldem and Kemalettin Bey are the Turkish architects who designed the public buildings of the Republican era and who have the largest number of structures.

The architects who lived in Turkey between 1925 and 1955 can be divided into 3 groups according to their fields of work;

- I. Professors who worked as deans of architecture faculties (Hans Poelzig, Bruno Taut and Robert Vorholzer at the Istanbul Academy of Fine Arts and Paul Bonatz at the Istanbul Technical University),
- II. Tutors worked at the Istanbul Academy of Fine Arts; also at the Ministry of Education of the Local Administrations (Bruni Taut, Franz Hilinger, Wilhelm Schutte, Margarete Schutte-Lihotzky and Martin Elsaesser),

- III. Architects worked in the offices of German professors at the Istanbul Academy of Fine Arts (Hans Grimm, Zimmermann, Schiner, Konrad Ruhl, Willi Runge and Mundt) (Zanter, 2007).



Figure 1. Ankara Palas, Is Bank and Vakif Apartment (URL-1, 2023; URL-2, 2023; URL-3, 2023)

Modern architecture, which was started in 1927 by foreign architects, is a visual ideological reflection of the architecture and modern revolution, which is a demonstration of the economic, socio-cultural and aesthetic

Examining the Contributions of Foreign Architects to the Turkish Modernist Movement

perspective of Western countries (Nicolai, 2011). In addition, Turkish architects such as Seyfi Arkan and Sedad Hakki Eldem had an influence and played a significant role in the development of the modern buildings that were designed by Turkish architects. The details of the houses of Seyfi Arkan, who was a student of Hans Poelzig, can be seen as a re-interpretation of the current approach of Turkey in Europe. The Hariciye Mansion and the Presidential Cottage Mansion are considered to be the most important examples of the modern style (Gurel and Yucel, 2007) (Figure 2).



Figure 2. Hariciye Mansion and Presidential Cottage Mansion (URL-4, 2023; URL-5, 2023)

In the example of Iller Bank, Seyfi Arkan used multiple materials, circular cantilevers; it appears in circular form, decorative stone covered facade, crystal glass surfaced on metal doors, grooved, concave and convex shapes on columns which are deco aesthetic fea-

tures (unfortunately, this magnificent example was demolished in June 2017) (Gurel and Yucel, 2007) (Figure 3).



Figure 3. Iller Bank (URL-6, 2023)

Clemens Holzmeister worked during the same periods as Ernst Egli. Invited to Ankara for the Ministry of Defence, Holzmeister observed a dominant and monumental attitude in his designs; he argued that public structures should be designed in a more austere style (Nicolai, 2011). The Ministry of National Defence building, completed in 1930, is a structure that gradually carries the columns based on Turkish architecture, forming the courtyard with columns running along the facades (Figure 4). In the Supreme Court building, built by Holzmeister at the same time as the Ministry of Defence building, the details of Turkish architecture can be seen (Figure 4). This is also a sign of respect for the existing architecture. Holzmeister's other buildings in Turkey are the Ankara Military Academy, the General Staff Building, the Ankara Military House, the Deputy of Internal Affairs, the Gazi House, the Central Bank, the Emlak Kredi Bank and the Turkish Grand National Assembly Building. In addition, Holzmeister never stayed in Turkey continuously, travelling and working in different periods (Nicolai, 2011).



Figure 4. Ministry of National Defense, Supreme Court Building and TBMM (URL-7, 2010; URL-8, 2010; URL-9, 2023)

Examining the Contributions of Foreign Architects to the Turkish Modernist Movement

Ernst Egli stayed in Turkey for 13 years and worked as the chief architect of the Ministry of National Education for 8 years and as a professor at the Academy of Fine Arts (Erdal, 2012). Egli changed the basis of architectural education by making a revolution in the field of education; he believed that school buildings in particular should be designed in a modern style.

With the arrival of Egli; Mimar Kemalettin was dismissed from his work on the Gazi Teaching School as a result of a demand for a more modern style; Egli was commissioned to complete the Gazi Teaching School (Yavuz, 1981) (Figure 5). This building, which could be considered the last of the Nationalist Period, was completed in 1930 after the architect died. However, Egli was respectful of the original structure and maintained the integrity of the building until its completion. In addition, Egli criticised the understanding of modern architecture in Turkey, as it was a copy of foreign designs and did not take the local conditions into consideration (Nicolai, 2011).



Figure 5. Gazi Teaching School (URL-10, 2023)

The trend of modernisation in Turkey began with the acceptance of protective legislation for women's rights and gender equality (Nicolai, 2011). Ismet Pasa Girls Institute and Ankara Girls High School (designed by Egli) are the cases of female prominence in education (Figure 6). Ismet Pasa Girls Institute has a dynamic

structure with the horizontal windows and beams, console on the garden facade, vertical movements on the mass. Ankara Girls High School, which is designed with an arc plan, has a grid-shaped solid facade (Nicolai, 2011). In addition, the Music Teaching School is interpreted as one of the first monumental buildings with its colonnaded entrance and terraced roof (Figure 7).



Figure 6. The Ismet Pasha Girls Institute and Ankara Girls High School (URL-11, 2010; URL-12, 2023)



Figure 7. Music Teaching School (URL-13, 2023)

Examining the Contributions of Foreign Architects to the Turkish Modernist Movement

The differentiation of building blocks (both plan and facade) according to function is one of the key aspects of Ernst Egli's work (Nicolai, 2011). At the Academy of Fine Arts in İstanbul between 1930 and 1935, Egli introduced the obligation to draw freehand objects in order to enter the faculty, limiting the contingency to 50 and increasing the length of study to 5 years (Erdal,

2012). In Egli's Ragıp Devres Villa, the old Ottoman lifestyle was abandoned and the European lifestyle was adopted, creating a structure shaped by the wishes of the client (Nicolai, 2011) (Figure 9). Another example of modern housing is the Fuat Bulca Villa, which was completed in 1936 (Figure 8).

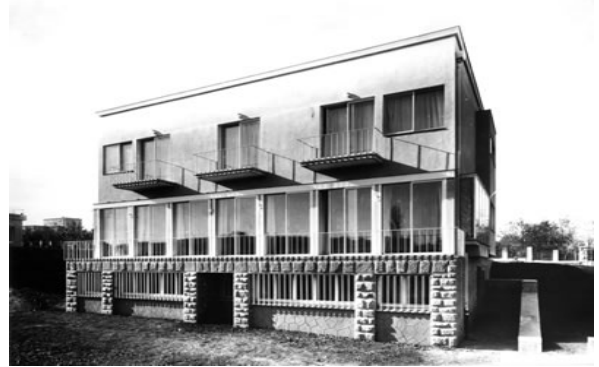


Figure 8. Ragıp Devres and Fuat Buca Villas (URL-14, 2013; URL-15, 2023)

After 1935, Egli resigned from the Ministry of National Education for various reasons and completed his modern designs with the Marmara Mansion (which was demolished), the Beer Factory, the Beer Factory Workers' Houses, the Hamam in the Gazi Forest Farm and

the Turkish Air Association Training Dormitories (Figure 10). Egli has also been involved in the restoration of several buildings, including the Tayyare Cinema (Aşkan, 2011).



Figure 9. Marmara Mansion, Beer Factory, Hamam (URL-16, 2016; URL-17, 2023; URL-18, 2023)



Figure 10. Faculty of Language and History Geography of Ankara University (URL-19, 2010)

Examining the Contributions of Foreign Architects to the Turkish Modernist Movement

Bruno Taut designed Ankara University's Faculty of Languages, History and Geography with decorations specific to Turkish architecture, combining appropriate materials with structural elements reflecting urban identity (Gasco, 2010) (Figure 10). Taut, like Egli, provided training for students at the academy; he published a book entitled *Architectural Information* (1938) in which he attempted to lay the foundations for modern architecture (Gasco, 2010).

Taut has 24 structures in Turkey, of which 5 are public buildings, 1 is an exhibition pavilion and the house for himself (Nicolai, 2011). The ones that stand out among the educational structures are Atatürk High School, Cebeci Middle School and Trabzon High School (Figure 11).



Figure 11. Atatürk High School, Cebeci Middle School and Trabzon High School (URL-20, 2010; URL-21, 2010; URL-22, 2010)

Paul Bonatz lived in Turkey until 1954, when he emigrated back to his homeland. The Saracoglu Memur Houses is one of his works that highlight his perspective on modern architecture (Nicolai, 2011). Foreign architects not only designed new modern structures but also took part in the restoration of existing buildings.

Bonatz participated in the project to transform the function of the building, formerly known as Şevki Balmumcu's exhibition space, who had won an international competition. The building was subsequently repurposed as an opera house (Pekdemir, 2021) (Figure 12).



Figure 12. Saracoglu Memur Houses, Ankara State Opera House (URL-23, 2010; URL-24, 2010)



Figure 13. Ministry of Health and Central Hygiene Institute (URL-25, 2010; URL-26, 2010)

Examining the Contributions of Foreign Architects to the Turkish Modernist Movement

By building the Ministry of Health and Social Welfare, Theodor Jost started the modern movement. According to the press, the structure resembled European architecture, making this the most modern structure in Ankara at the time (Nicolai, 2011). Another building designed by Jost is the Central Hygiene Institute Chemistry-Bacteriology Building (Figure 13). It has an elliptical cantilever in the centre of the structure and a relief on the eaves.

Robert Oerley designed and built the Red Crescent Headquarters, Numune Hospital, Hifzisiha School, a residence and the Hali wholesale market projects during his stay in Turkey. The Numune Hospital favoured cantilevers and wings, pointed porticoes and pink granite cladding (Figure 14). For the Hygienic Institute and the Red Crescent Headquarters buildings, Oerley used a three-wing plan, vertical façade elements and a flat, steep roof. Although Oerley referred to Central European architecture in his works, he did not yet apply modern architectural principles; he was perceived as a modern architect by Turkish society (Nicolai, 2011).



Figure 14. Numune Hospital (URL-27, 2010)

Martin Elsaesser is one of the architects who lived in Turkey and designed many buildings. Elsaesser won the project competition of Sumerbank, which is his most important structure, made of Ankara stone with a concave plan form, a reinforced concrete frame structure, oval roof windows, horizontal ribbon windows and window blinds (Nicolai, 2011) (Figure 15).



Figure 15. Sumerbank (URL-28, 2023)

DICSUSSION

The first examples of modern architecture that appeared with the Republican period were public and monumental. There is a clear main entrance façade in the clean, open masses formed by geometric shapes that come together along the horizontal and vertical axes. The masses are symmetrical and asymmetrical. Looking at the works of both Turkish and foreign architects, it can be seen that the size of the windows tends to follow a certain order, especially in large-opening façades of public buildings. On the other hand, examining the materials the use of color and materials is similar and there is an intensive use of cut stone. The use of concrete sunshades is a common feature. With the introduction of the international style in Turkey by foreign architects, massing and façade movements began to be handled in a modern way, especially in public buildings, structural and functional features were brought to the fore, and designs in which reinforced concrete beams were the main feature came to the fore (Gökarslan, 2023). Examining the works of foreign architects who introduced modern architecture in Turkey, it can be said that the spatial organisation is functional and appropriate. As seen on the table below there are also traditional traces in the layout of the brutalist facades, but the plans and form reflect the solid state of modernism. The asymmetrical design of the buildings, the chamfered walls and the asymmetrical entrances with a single corner column are products of the modernist approach. The use of masses with clear geometry, brackets and terraced roofs are other modern architectural elements in the buildings.

Examining the Contributions of Foreign Architects to the Turkish Modernist Movement

Table 1. Modernist movements' plan and façade organisation (URL-29, 2023; URL-30, 2017; URL-31, 2023; URL-32, 1975; URL-33, 2023; URL-34, 2012; URL-35, 2018; URL-36, 2020; URL-37, 2020)

| BUILDING | PLAN | FACADE | FACADE | PLAN | BUILDING |
|---|------|--------|--------|------|---------------------------------------|
| Hariçiyé Mansion, 1934 | | | | | The Ismet Pasha Girls Institute, 1930 |
| Florya Presidential Cottage Mansion, 1935 | | | | | Marmara Mansion, 1928 |
| İller Bank, 1935 | | | | | Atatürk High School, 1937 |
| Supreme Court Building, 1936 | | | | | Central Hygiene Institute, 1927 |
| TBMM Building, 1939 | | | | | Ankara State Opera House, 1946 |

CONCLUSION

In order to bring more advanced technical and industrial methods to Turkey, several specialists were sent to Europe during the Republican period. Conversely, certain European specialists were invited to Turkey. At the same time, as a result of the Nazi regime in Germany and Austria, architects were recognized as refugees and a slight modernization began to take place from 1927 to 1950.

The contribution of architects who immigrated to Turkey during and after the war was remarkable. Foreign architects tried to adapt to a completely different culture and work as professionals in a different environment. There was a transition of cultures, working attitudes, styles, languages and approaches. However, emigrating architects were welcomed in terms of opportunities; the Turkish government provided prestigious and influential working positions both in the con-

struction sector, in administrative work and in the architectural academies that most of the societies made their fields of work (Zanter, 2007).

As mentioned above, the modern translation between Turkey and Germany could be understood through the works of architects such as Seyfi Arkan, Hermann Jansen, Clemens Holzmeister, Sedad Hakkı Eldem, Margaret Schutte-Lihotzky, Paul Bonatz, Martin Wagner and Bruno Taut (Akcan, 2012). These architects brought an international understanding and dominated modern Turkish architecture (Yavuz, 1981). By carrying out several projects and teaching university students, foreign architects have become more comprehensible to society. Working and interacting with a foreign community is inspiring and their buildings are cornerstones of Turkish architectural history. Emigrated and invited architects have also contributed to the awareness of urban issues in the Turkish context (Zanter, 2007). Students became aware of urban issues

Examining the Contributions of Foreign Architects to the Turkish Modernist Movement

and tried to produce solutions for specific areas through architecture studio projects.

However, it is argued that modern architecture is limited to the construction of educational buildings and it is observed that public buildings are symbolic and follow a single structural typology. However, most of the foreign architects have made efforts to adopt modern architecture considering the identity; so it could be said that typology is a perceptual result of using local materials and modern movement principles.

REFERENCES

- Akcan, E. (2012). *Architecture in Translation: Germany, Turkey and the Modern House*. Duke University Press, Durham.
- Alpagut, L. (2010). Modernleşme Projesinin Temsilinde Önemli Bir Yapı: İsviçreli Mimar Ernest Arnold Egli ve Ankara Siyasal Bilgiler Okulu. *Alternatif Politika*, 2(2): 126-150.
- Aşkan, A.A. (2011). 1922-1960 Yılları Arasında, İzmir'deki Mimarlık ve Kentsel Planlama Bağlamında Rıza Aşkan. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.
- Bademli, R.R. (1985). 1920-1940 Döneminde Eski Ankara'nın Yazgısını Etkileyen Tutumlar. *Mimarlık*, 10(16): 212-213.
- Erdal, G.G. (2012). Academicians Coming to Turkey Between 1933-1945 Opened and Their Effects on Today's Music Life. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*: 1219-1226.
- Ergut, E.A (2009). Cumhuriyet Dönemi Mimarlığı: Tanımlar, Sınırlar, Olanaklar. *Türkiye Araştırmaları Literatür Dergisi*, 7(13): 121-130.
- Gasco, G.G. (2010). Bruno Taut and the Program for the Protection of Monuments in Turkey (1937-38): Three Case Studies: Ankara, Edirne And Bursa, *METU: Journal of Faculty of Architecture*, 27(2): 15-36.
- Gökarıslan, A.B. (2023). 1960 ile 1980 Yılları Arasındaki Küçük Ölçekli Hastane Projesi Yarışmaları. *Anadolu'nun İmarında Yarışmalar: 1930-1990*. İdealkent: Ankara, 212-224.
- Gülmez, G. (2016). 1933 Sonrası Türkiye'ye Sığınan Nazi Karşılığı Aydınlar ve Karşılaştırmalı Edebiyatın İki Kurucu Adı: L. Spitzer ve E. Auerbach, *Türk Göçü*, Transnational Press London, 237- 244.
- Gürel, Y., Yucel, A. (2007). A modernist architecture on the early Republican Period: Seyfi Arkan, *Mimarlık, Planlama, Tasarım*, 6(4): 47-55.
- Hasol, D. (2017). *20th Century Turkish Architecture*. <http://www.doganhasol.net/20-yuzuil-turkiye-mimarligi-uzerine.html> (Accessed 10.08.2023).
- Kazancıgil, A., Ortaylı, İ., Tanyeli, U. (2000). *Niye Geldiler, Niye Gittiler? Kimse Anlamadı, Cogito*, Yapı Kredi Yayınları, 119-132.
- Nicolai, B. (2011). *Modern ve Surgun: Almanca Konusulan Ulkelerin Mimarları Türkiye'de 1925-1955*. Mimarlar Odası Yayınları, Ankara.
- Pekdemir, O. (2021). *Ankara Devlet Opera ve Balesi Binası: Restorasyon Şantiye Günlüğü*. Oraybir İnşaat ve Restorasyon Ltd. Şirketi Yayınları, Ankara.
- Reisman, A. (2011). *Nazımdan Kaçanlar ve Atatürk'ün Vizyonu*. Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, İstanbul.
- Tekeli, İ. (2017). Almanca Konusan Plancı ve Mimarların Erken Cumhuriyet Donemi Ankara'sinin Planlamasi ve Konut Sorununun Cozumune Katkileri Uzerine, Bir Baskentin Olusumu, <http://www.goethe.de/ins/tr/ank/prj/urs/geb/sie/trindex.htm> (Accessed: 7.08.2023)
- URL-1 (2023). <https://img-s1.onedio.com/id-54b1c7b329ac3ad42440b0be/rev-0/w-500/s-dee1ef4ffe22071098954300916023d2c122f7a1.jpg> (Accessed: 10.07.2023)
- URL-2 (2023). http://v3.arkitera.com/UserFiles/Image/news/2010/09/01/17_ulusisbankasi.jpg (Accessed: 10.07.2023)
- URL-3 (2023). <https://archives.saltresearch.org/handle/123456789/128506> (Accessed: 10.07.2023)
- URL-4 (2023). http://3.bp.blogspot.com/_LCLyfhdcTo/VA8rQO91knI/AAAAAAAAAas/k1KO7ka9GNU/s1600/za9%2Bhar-iciye%2Bex%2BLTK11%2Bfev36%2Bp21.jpg (Accessed: 10.07.2023)
- URL-5 (2023). <http://v3.arkitera.com/v1/gunun-sorusu/2001/04/19.jpg> (Accessed: 1.08.2023)
- URL-6 (2023). <http://www.mimarlikdergisi.com/index.cfm?sayfa=mimarlik&DergiSayi=395&ReclD=3565> (Accessed: 10.08.2023)
- URL-7 (2010). <https://www.goethe.de/ins/tr/ank/prj/urs/geb/geb/ver/trindex.htm> (Accessed: 15.08.2023)
- URL-8 (2010). <http://www.goethe.de/ins/tr/ank/prj/urs/geb/res/rev/trindex.htm> (Accessed: 16.09.2023)
- URL-9 (2023). http://galeri3.arkitera.com/var/albums/Haber/2013/05/10/Ge%C3%A7mi%C5%9Fin-Modern-Mimarisi---Ankara/12%20Turkish_Parliament_Building.jpg.jpeg (Accessed: 15.09.2023)
- URL-10 (2023). http://kentvedemiryolu.com/diger/mimar_ke-malettin_eserleri_1.jpg (Accessed: 15.09.2023)
- URL-11 (2010). <http://www.goethe.de/ins/tr/ank/prj/urs/geb/bil/ism/trindex.htm> (Accessed: 15.09.2023)
- URL-12 (2023). http://1.bp.blogspot.com/_ka7iCbqIFBo/Uj1-Z18dkjI/AAAAAAAAA1s/IFKxW-sI2yM/s1600/ankarakizlisesi.jpg (Accessed: 15.09.2023)
- URL-13 (2023). <https://librarydigitalcollections.ku.edu.tr/dijital-sergiler/cumhuriyetin-tinisi-musiki-muallim-mektebi/> (Accessed: 03.10.2023)
- URL-14 (2013). <https://www.arkitera.com/haber/gecmisin-modern-mimarisi-3-bogazici/> (Accessed: 11.09.2023)
- URL-15 (2023). http://www.mimarlikdergisi.com/dsp_imageNavigasyon.cfm?YazilID=3751&ResimID=73160 (Accessed: 11.09.2023)
- URL-16 (2016). <http://www.diken.com.tr/ataturkun-ciftlik-evi-olarak-bilinen-tarihi-marmara-kosku-yikildi/> (Accessed: 11.09.2023)

Examining the Contributions of Foreign Architects to the Turkish Modernist Movement

- URL-17 (2023). <http://www.goethe.de/ins/tr/ank/prj/urs/geb/mgc/bie/trindex.htm> (Accessed: 11.09.2023)
- URL-18 (2023). <http://3.bp.blogspot.com/GNs2xk172kU/UfA5eGbGc1/AAAAAAAAABGk/6ADQLr7x5CA/s1600/hama-meski.jpg> (Accessed: 11.09.2023)
- URL-19 (2010). <http://www.goethe.de/ins/tr/ank/prj/urs/geb/bil/phi/trindex.htm> (Accessed: 11.09.2023)
- URL-20 (2010). <https://www.goethe.de/ins/tr/ank/prj/urs/geb/bil/ata/trindex.htm> (Accessed: 11.09.2023)
- URL-21 (2010). <https://www.goethe.de/ins/tr/ank/prj/urs/geb/bil/ceb/trindex.htm> (Accessed: 5.10.2023)
- URL-22 (2010). http://3.bp.blogspot.com/_jBRn4o0kqal/R09W9VWIIl/AAAAAAAAAqg/iZ2Y5iQIC3E/s320/trabzon+lisesi.jpg (Accessed: 15.10.2023)
- URL-23 (2010). <http://www.goethe.de/ins/tr/ank/prj/urs/geb/sie/sar/trindex.htm> (Accessed: 5.10.2023)
- URL-24 (2010). <http://www.goethe.de/ins/tr/ank/prj/urs/geb/res/ope/trindex.htm> (Accessed: 5.10.2023)
- URL-25 (2010). <http://www.goethe.de/ins/tr/ank/prj/urs/geb/geb/ges/trindex.htm> (Accessed: 6.10.2023)
- URL-26 (2010). <http://www.goethe.de/ins/tr/ank/prj/urs/geb/ges/hyg/trindex.htm> (Accessed: 6.10.2023)
- URL-27 (2010). <http://www.goethe.de/ins/tr/ank/prj/urs/geb/ges/num/trindex.htm> (Accessed: 6.10.2023)
- URL-28 (2023). https://yidb.asbu.edu.tr/sites/idari_birimler/yidb.asbu.edu.tr/files/inline-images/S1.jpg (Accessed: 17.09.2023)
- URL-29 (2023). <http://mimdap.org/2017/03/seyfi-arkan/>
<https://www.art-his.com/mimari-bir-bakis-ataturk-evleri/> (Accessed: 17.09.2023)
- URL-30 (2017). <http://www.mimarlarodasiankara.org/download/IIlerBankasiDurumRaporu.pdf> (Accessed: 9.09.2023)
- URL-31 (2023). <https://rayp.adalet.gov.tr/resimler/1/dosya/binatarihce.pdf> (Accessed: 19.09.2023)
- URL-32 (1975). <https://acikerisim.tbmm.gov.tr/server/api/core/bitstreams/48bdde57-3909-4c41-ad6c-ee6ce01d6907/content> (Accessed: 17.09.2023)
- URL-33 (2023). <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2189021> (Accessed: 5.10.2023)
- URL-34 (2012). http://jfa.arch.metu.edu.tr/archive/0258-5316/2012/cilt29/sayi_1/69-94.pdf (Accessed: 6.10.2023)
- URL-35 (2018). <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/465350> (Accessed: 16.10.2023)
- URL-36 (2020). <http://mimdap.org/2020/04/bir-hifzissihhahvardi/> (Accessed: 8.10.2023)
- URL-37 (2020). https://www.researchgate.net/figure/Paul-Bonatz-State-Opera-Ankara-1946-1948-Floor-plan-Source_fig4_339936599 (Accessed: 5.10.2023)
- Yaman, Z. (2003). Değişen Manzaralar: Kültür ve Modernite. *Sanat Dünyamız*, 89: 217-229.
- Yavuz, Y. (1981). Mimar Kemalettin, *ODTU Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 7(1): 53-76.
- Zanter, Y.P. (2007). *A Comparative Study on The Works of German Expatriate Architects in Their Home-Land and in Turkey During The Period of 1927-1950*, İYTE: PhD Thesis.

Parklardaki Gürültünün Değerlendirilmesi: Isparta İli Çünür Mahallesi Örneği

Esra BAYAZIT SOLAK ¹, Candan KUŞ ŞAHİN ², Büşra ONAY ^{3*}, Beyza SAVA ²

¹Siirt Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Siirt

²Süleyman Demirel Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Isparta

³Afyon Kocatepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Afyonkarahisar

Geliş Tarihi (Received): 11.09.2023, Kabul Tarihi (Accepted): 24.11.2023

✉ Sorumlu Yazar (Corresponding author*): bonay@aku.edu.tr

☎ +90 272 2182614 📠 +90 272 2281308

Öz

Bu çalışmada, Isparta kent merkezindeki Çünür Mahallesi'nde bulunan parkta gürültü ölçümleri yapılmıştır. Alandaki gürültü düzeylerinin belirlenmesi amacıyla parkta; hafta içi ve hafta sonu günlerinde, sabah, öğle ve akşam saatlerinde olmak üzere ölçümler gerçekleştirilmiştir. Gürültü ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde; hafta içi en düşük seviyenin 48 (desibel) dB en yüksek seviyenin 57 dB olduğu, hafta sonu ise en düşük 47 dB, en yüksek 53 dB olduğu saptanmıştır. Belirlenen sekiz noktada yapılan ölçümlerden elde edilen sonuçlara göre, en fazla gürültünün çocuk oyun alanında oynayan çocuklardan, park dışındaki yollardan ve park çevresindeki inşaatlardan kaynaklandığı görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Isparta, Çünür, Park, Gürültü

Assessment of Noise in Parks: The Example of Isparta Province Çünür Neighbourhood

In this study, noise measurements were made in the park located in Cunur Neighborhood in the city center of Isparta. In order to determine the noise levels in the area; Measurements were carried out on weekdays and weekends, in the morning, noon and evening hours. When the noise measurement results are evaluated; on weekdays the lowest level is 48 dB, the highest level is 57 dB, on weekends the lowest is 47 dB the highest 53 dB was found to be. According to the results obtained from the measurements made at the determined eight points, it is seen that the most noise is caused by the children playing in the playground, the roads outside the park and the constructions around the park.

Keywords: Isparta, Cunur, Park, Noise

GİRİŞ

Dinlenme, eğlenme, spor yapma, stres atma, kentin bunalımcı havasından uzaklaşma gibi farklı amaçlarla

kullanılan parklar günümüzde toplumun bir ihtiyacı haline gelmiştir. Parklar, toplumun tamamına hitap ettiği için farklı kullanım alanlarını bünyesinde barındırmaktadır. Bunlar; çocuk oyun alanları, oturma alanları, spor

Parklardaki Gürültünün Değerlendirilmesi: Isparta İli Çünür Mahallesi Örneği

alanları, gezinti yolları gibi ihtiyaca yönelik olarak parkları oluşturmaktadır.

Teknolojik gelişmeler sonucunda şehirler aşırı nüfuslu hale gelmiş ve kontrolsüz bir şekilde büyümüştür. Bu anlamda insanların yaşamsal ihtiyaçları olan sosyal, kültürel ve fizyolojik faaliyetleri gerçekleştirebilmeleri için parklar önemli bir konu haline gelmiştir. Parklar, sürdürülebilir kentsel çevreler açısından önemli kamusal alanlar olarak kabul edilmektedir. Kent sakinlerine fiziksel ve zihinsel sağlıklarını iyileştirecek mekanlar sağlamaktadır (Chiesura, 2004; Özgül ve Kelkit, 2023). Ancak özel olarak tasarlanmış bu alanlardaki kontrolsüz sesler, parkı kullanan ziyaretçileri büyük ölçüde rahatsız edebilmektedir (Kuş Şahin ve ark., 2021).

İstenmeyen, rahatsız edici ses olarak tanımlanan gürültü kavramı (Kumar ve ark., 2004; Murphy ve King, 2014; Görmez, 2015; Ebrahim ve ark., 2017; Onay, 2021; Onay ve Kuş Şahin, 2022) kentleri etkisi altına alan önemli bir çevre sorunu haline gelmiştir. 27601 sayılı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (ÇGDYY) tarafından gürültü; "Ulaşım araçları, kara yolu trafiği, demir yolu trafiği, hava yolu trafiği, deniz yolu trafiği, açık alanda kullanılan teçhizat, şantiye alanları, sanayi tesisleri, atölye, imalathane, işyerleri vb. ile rekreasyon ve eğlence yerlerinden çevreye yayılan gürültü dâhil olmak üzere, insan faaliyetleri neticesinde oluşan zararlı veya istenmeyen açık hava sesleri" olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2010).

Gürültünün; ulaşım, eğlence, yerleşim alanları, yapı, endüstri olmak üzere beş kaynağı vardır. Bunlardan yerleşim alanı gürültüleri, rekreasyon gürültüsü olarak da bilinmektedir. Bu gürültü; konutların yoğun olduğu yerlerde, çeşitli faaliyetler sırasında oluşan, spor alanları, çocuk oyun alanları ve okul bahçeleri, kent ve mahalle parkları, yüzme havuzları gibi alanlarda oluşan gürültülerdir (Maraş, 2011).

Ülkemizde yapı içi ve yapı dışı olmak üzere gürültünün belirli bir limit değeri bulunmaktadır. Örneğin 5. Eylem Çevre Planında verilen konut bölgesinde çevresel gürültü değeri limiti 55 dB'dir. Dünya Sağlık Örgütü tarafından çevre gürültüsü için yayınlanan kılavuzda ise Tablo 1'de verilen limit değerleri görülmektedir (Kurra, 2009).

Tablo 1. Çevresel gürültü değerleri (Kurra, 2009)

| Çevre Türü | Kritik Sağlık Etkisi | Leq** (dB(A)) |
|----------------------------------|---|---------------|
| Bina dışı açık alanlar | Ciddi rahatsızlık (gündüz ve akşam) | 55 |
| | Orta derece rahatsızlık (gündüz ve akşam) | 50 |
| Park ve korumaya alanları | Sakinliğin bozulması | * |

* Mevcut sakin dış alanlar korunmalı ve gelen sesin arka plan sesine oranı düşük tutulmalıdır.

**Leq: Eş değer gürültü seviyesi

Çevremizde oluşan gürültülerin insanlar üzerinde fiziksel ve psikolojik önemli etkileri bulunmaktadır. Bu etkileri önlemek ya da en aza indirmek, kentleri ve bu çalışmaya konu olan parkları daha yaşanabilir yerler haline getirmek için gürültü çalışmaları günümüzde önem kazanmıştır.

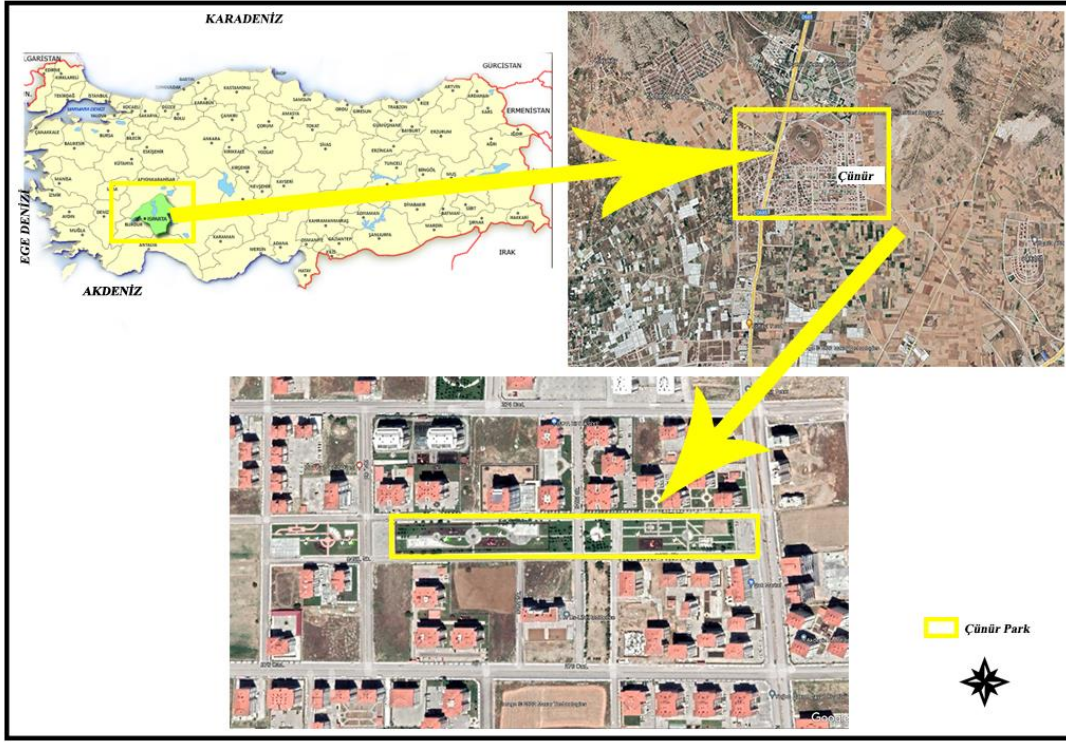
Bu çalışmada; Isparta kent merkezinde bulunan, yeni yerleşime açılan ve nüfus açısından ikinci büyük mahalle olan Çünür Mahallesi'nde bulunan parkta oluşan gürültü düzeyinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Gerçekleştirilen bu çalışma ile Çünür Mahallesi örneğinde gürültü ölçümleri yapılmış ve elde edilen ölçüm sonuçları değerlendirilmiştir. Ayrıca çalışma alanında gürültüye sebep olan kaynaklar tespit edilerek çözüm önerileri getirilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

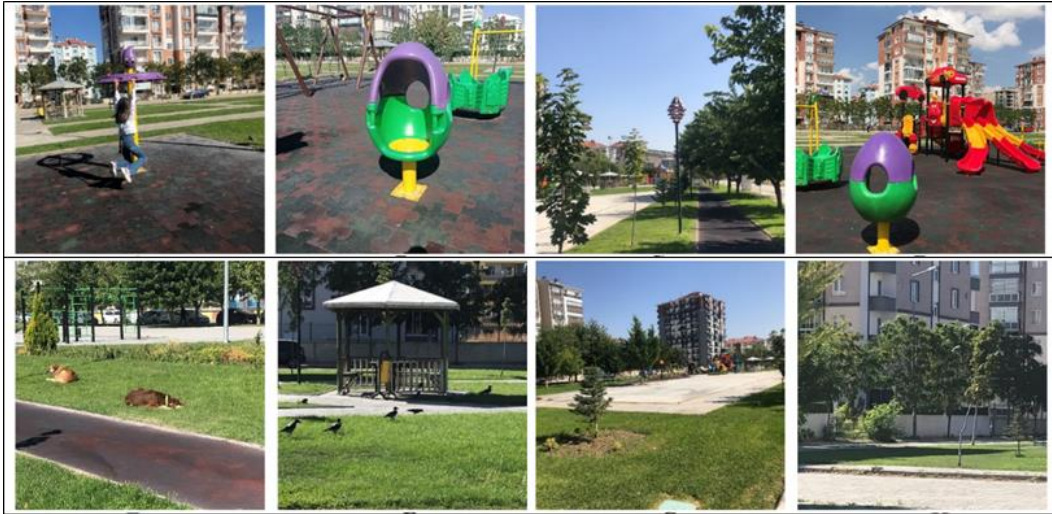
Materyal

Çalışmanın ana materyalini, Isparta ili merkez ilçedeki elli mahalleden birisi olan Çünür Mahallesi oluşturmaktadır. 2021 nüfus verilerine göre Çünür Mahallesi'nin nüfusu, 21.354 kişiyle Isparta'nın en kalabalık ikinci mahallesi durumundadır. Kalabalık bir mahalle olması ve yeni yerleşime açılması nedeniyle Çünür Mahallesi çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Mahallede, parçalı şekilde çok sayıda park bulunmaktadır. Bu parklar arasından seçilen Yeni Şehir Parkı'nın diğerlerine oranla büyük olması (yaklaşık 17.000 m²) ve içerisinde çocuk oyun alanı, spor alanı, oturma-dinlenme alanları, gezinti yolları gibi farklı aktiviteleri barındırması parkın seçilmesinde etkili olmuştur. Parkın konumu Şekil 1'de verilmiştir. Çalışma alanını oluşturan parka ait görseller de Şekil 2'de yer almaktadır.

Parklardaki Gürültünün Değerlendirilmesi: Isparta İli Çünür Mahallesi Örneği



Şekil 1. Çalışma alanının konumu



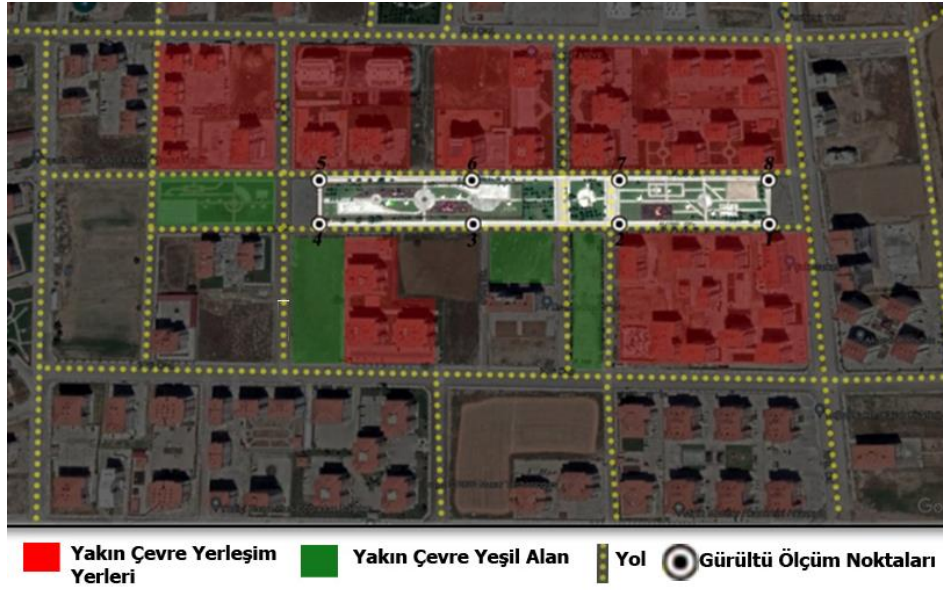
Şekil 2. Çalışma alanına ait görseller

Yöntem

Çalışmada, Çünür mahallesinde yer alan Yeni Şehir Parkıyla ilgili olarak envanter çalışması için gözlem formundan yararlanılmıştır. Bu kapsamda, park içinde yer alan yapısal ve bitkisel materyallerin yanı sıra park çevresindeki kullanımlar da incelenmiştir. Ayrıca, par-

kin mevcut durumunu ortaya koymak amacıyla gözlemlerden elde edilen fotoğrafların yanı sıra Isparta Belediyesi Park ve Bahçeler Müdürlüğü'nden elde edilen verilerden de yararlanılmıştır. Çalışmanın gerçekleştirildiği parkta gürültü ölçümü yapmak üzere 8 nokta tespit edilmiştir. Gürültü ölçüm noktaları Şekil 3'te verilmiştir.

Parklardaki Gürültünün Değerlendirilmesi: Isparta İli Çünür Mahallesi Örneği



Şekil 3. Gürültü ölçüm noktaları

Noktalar belirlenirken, yoğun kullanımların olduğu yerlere öncelik verilecek şekilde alan, eşit mesafelere ayrılmıştır. Ölçümler, yaz dönemini kapsayacak şekilde 2022 yılı Haziran-Eylül ayları arasında, hafta içi ve hafta sonu günlerinde yapılmıştır. Sabah ölçümleri 09.00-11.00 saatleri arasında, öğle ölçümleri 12.00-14.00 ve akşam ölçümleri ise 17.00-19.00 saatleri arasında, 5'er dakikalık periyotlar halinde gerçekleştirilmiştir. Ölçüm yapılan her noktada sabah, öğle ve akşam saatleri için Leq (Eş değer gürültü seviyesi), Lmin (en düşük gürültü değeri) ve Lmax (en yüksek gürültü değeri) değerleri elde edilmiştir.

Desibel ile ifade edilen gürültü değerleri arasında toplama, çıkarma, ortalama alma gibi işlemler aritmetik olarak yapılmamaktadır. Yapılan işlemler logaritmik toplam yöntemi ile hesaplanmaktadır. Ortalama gürültü miktarı hesap edilirken denklemde (1) verilen eşitlikten yararlanılmaktadır (Yerli, 2012).

$$\bar{L}_P = 10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{L_{pi}/10} \right] \quad (1)$$

Yapılan ölçüm çalışmalarında PCE-NDL 10 marka gürültü ölçüm cihazı kullanılmış ve cihaz her ölçüm öncesinde çift kademeli kalibre yapabilmeye özelliğine sahip olan (94 dB veya 114 dB değerinde olmak üzere) PCE-SC 42 marka kalibratör ile kalibre edilmiştir. Ölçüm esnasında, cihaz etrafında herhangi bir yansıtıcının olmamasına dikkat edilerek, cihaz yerden 1,5 m yükseklikte olacak şekilde konumlandırılmıştır. Ölçümler yapılırken iklim koşulları dikkat edilmiş olup, çok rüzgârlı

havalarda yapılmamıştır. Ölçümlerden elde edilen sabah – öğle – akşam ve hafta içi – hafta sonu verileri grafik haline getirilerek analiz edilmiş ve öneriler sunulmuştur.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bulgular

Isparta ili Çünür Mahallesi'nde yer alan park içerisinde ve çevresinde yapılan gözlemler sonucunda, alanda gürültüye sebep olan faktörler tespit edilmiştir. Bunlar; çalışma alanı çevresinden geçen ve/veya araç park alanında olan araçlardan (otomobil, motor, traktör, kamyonet, ambulans ve otobüs) oluşan gürültü, çalışma alanı çevresinde mevcut inşaat yapım aşamasında olan şantiye alanlarından gelen gürültü, çalışma alanı içerisindeki çocuk oyun alanlarındaki çocukların ve çocuk ebeveynlerinin oluşturduğu gürültü, çalışma alanı içerisinde var olan yürüyüş parkuru kullanıcılarının oluşturduğu gürültü, çalışma alanı içerisinde ve çevresinde serbest dolaşan köpekler ile sahiplerinin park içerisinde gezdirdikleri köpeklerden oluşan gürültü, çalışma alanı çevresinden geçen seyyar satıcıların gürültüleri, çalışma alanı kullanıcılarının ve çevresinden geçen bireylerin oluşturduğu gürültü, çalışma alanında yer alan futbol sahasını kullanan bireylerin oluşturduğu gürültü, parkı çevreleyen konutlardan kaynaklanan gürültü vb. olarak sıralanabilmektedir (Şekil 4).

Parklardaki Gürültünün Değerlendirilmesi: Isparta İli Çünür Mahallesi Örneği



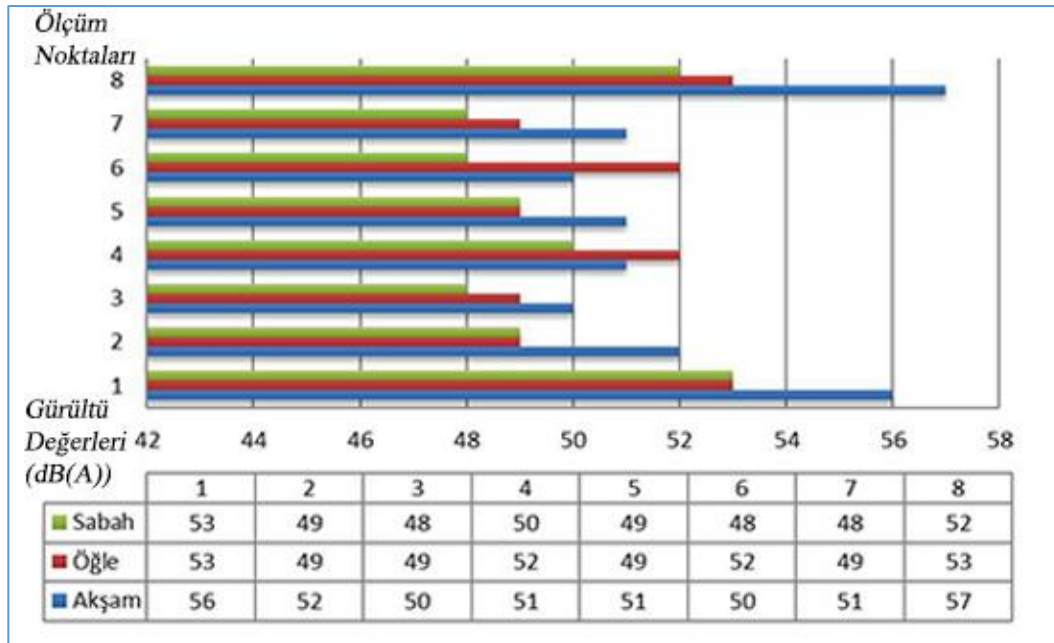
Şekil 4. Çalışma alanındaki, gürültü kaynaklarına ait görsellere örnekler (A: Kâğıt toplayıcıları, B: Çalışma alanı çevresindeki konutlar, C: Çalışma alanı çevresindeki devam eden inşaatlar, D: Çalışma alanı çevresindeki yollar)

Ulaşım kaynaklı gürültülerden biri olan trafik gürültüsü, gürültü kirliliği oluşumunda büyük bir paya sahiptir. Trafik gürültüsü, motorlu taşıtların tek başına oluşturdukları gürültülerin toplamından meydana gelmektedir (Ünver, 2008). Parkın ulaşım hattına yakınlığının sebep olduğu gürültü etmenlerinden en önemlisi, korna sesleri, durup kalkan taşıtların çıkardığı sesler ile hareket halindeki taşıtların sesleridir.

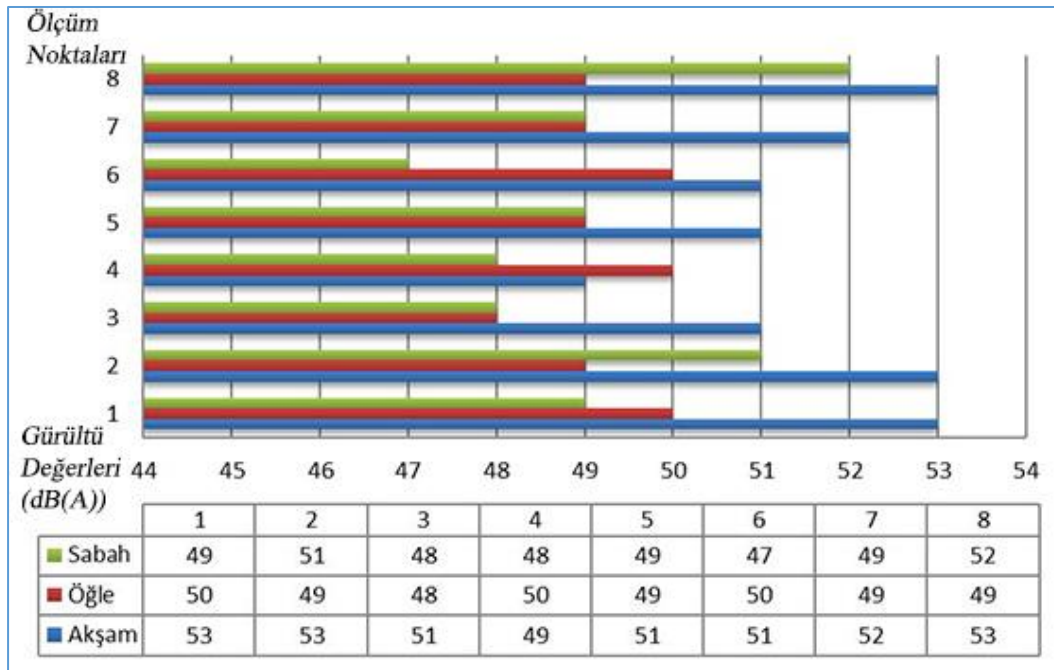
Çalışma alanında yapılan gürültü ölçümleri analiz edildiğinde; hafta içi ölçümlerinde en yüksek değere 4. ve 6. noktalar dışında kalan tüm noktalarda akşam saatlerinde ulaşıldığı görülmektedir. Bu noktalarda akşam saatlerinde en yüksek gürültü ölçüm değeri 8. noktada

57 dB(A) olarak kaydedilmiştir. Hafta içi ölçümlerinde en düşük ölçüm değerleri ise tüm noktalarda sabah saatlerinde elde edilmiştir. Bu noktalarda sabah saatlerinde en düşük değer 3, 6 ve 7. noktalarda 48 dB(A) olarak ölçülmüştür. Öğle saatlerinde yapılan ölçümler incelendiğinde, 1 ve 8. noktalarda en yüksek değere (53 dB(A)) ulaşıldığı görülmüştür. Öğle saatlerinde tüm noktalarda en düşük değer ise 2, 3, 5 ve 7. noktalarda 49 dB(A) olarak kaydedilmiştir (Şekil 5).

Parklardaki Gürültünün Değerlendirilmesi: Isparta İli Çünür Mahallesi Örneği



Şekil 5. Hafta içi ölçüm sonuçları



Şekil 6. Hafta sonu yapılan ölçüm sonuçları

Hafta sonu yapılan ölçümler analiz edildiğinde; en yüksek değere 4. nokta dışında kalan tüm noktalarda akşam saatlerinde ulaşıldığı görülmektedir. Bu noktalarda akşam saatlerinde en yüksek gürültü ölçüm değeri 1, 2 ve 8. noktada 53 dB(A) olarak kaydedilmiştir. Hafta sonu ölçümlerinde en düşük ölçüm değerleri ise

6. noktada sabah saatlerinde 47 dB(A) olarak ölçülürken, sabah saatlerinde en yüksek değere 8. noktada 52 dB(A) olarak ölçülmüştür. Öğle saatlerinde yapılan ölçümler incelendiğinde 1, 4 ve 6. noktalarda en yük-

Parklardaki Gürültünün Değerlendirilmesi: Isparta İli Çünür Mahallesi Örneği

sek değere (50 dB(A)) ulaştığı görülmüştür. Öğle saatlerinde tüm noktalar incelendiğinde en düşük değer ise 3. noktada 48 dB(A) olarak kaydedilmiştir (Şekil 6).

Yapılan ölçümlerde Lmin ve Lmax değerleri de tespit edilmiştir. Hafta içi yapılan ölçümlerde tüm noktalarda Lmax değerleri incelendiğinde (Tablo 2) genel olarak en yüksek değerler 8. noktada elde edilmiştir.

Tablo 2. Lmin ve Lmax değerleri (Hafta içi)

| Ölçüm noktaları | Sabah (dB) | | Öğle (dB) | | Akşam (dB) | |
|-----------------|------------|------|-----------|------|------------|------|
| | Lmax | Lmin | Lmax | Lmin | Lmax | Lmin |
| 1 | 59 | 52 | 65 | 49 | 65 | 51 |
| 2 | 54 | 48 | 59 | 47 | 61 | 48 |
| 3 | 54 | 47 | 55 | 47 | 57 | 47 |
| 4 | 58 | 47 | 63 | 47 | 63 | 48 |
| 5 | 53 | 47 | 62 | 46 | 63 | 47 |
| 6 | 58 | 47 | 62 | 47 | 63 | 47 |
| 7 | 55 | 47 | 61 | 47 | 61 | 48 |
| 8 | 62 | 48 | 67 | 48 | 70 | 50 |

Tablo 3. Lmin ve Lmax değerleri (Hafta sonu)

| Ölçüm noktaları | Sabah (dB) | | Öğle (dB) | | Akşam (dB) | |
|-----------------|------------|------|-----------|------|------------|------|
| | Lmax | Lmin | Lmax | Lmin | Lmax | Lmin |
| 1 | 60 | 47 | 59 | 48 | 64 | 48 |
| 2 | 61 | 49 | 60 | 47 | 62 | 48 |
| 3 | 54 | 46 | 54 | 46 | 64 | 47 |
| 4 | 52 | 47 | 57 | 47 | 54 | 48 |
| 5 | 63 | 46 | 60 | 46 | 60 | 48 |
| 6 | 60 | 46 | 58 | 46 | 61 | 47 |
| 7 | 60 | 46 | 58 | 47 | 65 | 48 |
| 8 | 67 | 47 | 60 | 46 | 68 | 48 |

Hafta sonu yapılan ölçümlerde ise tüm noktalarda Lmax değerleri incelendiğinde (Tablo 3) genel olarak en yüksek değerler 8. noktada elde edilmiştir.

Yapılan gürültü ölçümleri incelendiğinde hem hafta içi hem de hafta sonu ölçümlerinde genel olarak en yüksek değerlerin 8. noktada elde edildiği görülmektedir. Noktanın tespit edildiği yerde spor alanının bulunması ve her iki kenarından da karayolunun geçmesi 8. noktanın değerlerinin yüksek çıkmasına neden olarak tespit edilmiştir.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Gürültü kirliliğinin parklara etkisi kapsamında gürültü düzeylerinin belirlenmesi ve çözüm önerilerine yönelik olarak çeşitli araştırmalar mevcuttur. Bayramoğlu ve ark. (2014) tarafından Trabzon kent merkezinde bulunan ve yoğun olarak kullanılan kent parklarında gürültü ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm değerleri Gürültü Kontrol

Yönetmeliği'ne göre istenen gürültü seviyesinin üzerinde çıkmıştır. Ünver (2008) tarafından yapılmış olan bir diğer çalışmada, Tekirdağ Çorlu İlçesinin trafik ve rekreasyonel kullanım kaynaklı gürültü kirliliği araştırılmış ve ölçüm değerleri Gürültü Kontrol Yönetmeliği'ne göre istenen gürültü seviyesinin üzerinde çıkmıştır. Kuş Şahin ve ark. (2021) tarafından Isparta Ayazmana Mesireliği örneğinde yapılan çalışmada, gürültü ölçümü yapılmış ve elde edilen değerlerle gürültü haritaları oluşturulmuştur. Zannin ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada, Brezilya'nın Curitiba şehrinde bulunan altı şehir parkında gürültü kirliliği değerlendirilmiş ve sonuçlara göre parklardaki gürültünün standart gürültü seviyesinin üzerinde olduğu görülmüştür. Szeremeta ve Zannin (2009) ise parkları, ses peyzajı ve gürültü seviyesi açısından incelemiş ve elde ettikleri değerlerin standartların üzerinde olduğunu ortaya koymuşlardır. Parklarda ya da rekreasyon alanlarında yapılmış olan bahsi geçen çalışmalarda gürültü seviyesi standartların üzerinde çıkmıştır. Çalışma alanında yapılan ölçümler değerlendirildiğinde ise, park içerisinde ve çevresinde meydana gelen gürültünün Leq değerinin en fazla 57 dB olduğu görülmektedir. Konu ile ilgili yasa

Parklardaki Gürültünün Değerlendirilmesi: Isparta İli Çünür Mahallesi Örneği

ve yönetmelikler incelendiğinde, parklarla ilgili herhangi bir sınır değerine rastlanmamıştır. Parkın konut bölgesinde yer almasından dolayı bu alanlarda olması gereken değer (55 dB) baz alınır, çalışma alanı gürültü değerinin üzerinde çıktığı görülmektedir. Ancak diğer ölçümlere bakıldığında bazı noktalarda bu değer altında, bazı noktalarda da bu değere yakın ölçüm sonuçları elde edilmiştir.

Çalışma alanı olan parkın büyük olması, içerisinde bulunan kullanımların bir alanda yoğunlaşarak park içerisine yayılmasının, gürültü seviyesini etkilediği görülmektedir. Ayrıca konut bölgesinde yer alması ve konutlar ile arasında yolların bulunması da gürültü üzerinde etkili olan diğer bir unsurdur.

Bu açılardan değerlendirildiğinde parka yapılacak müdahalelerle parkın içerisindeki ve çevresindeki gürültü önenebilecektir. Gürültüyü önlemek ya da en aza indirmek için;

- Park çevresine gürültüyü azaltmada etkili olan ağaçlara yer verilmelidir.
- Park içerisindeki gezinti yollarında sesi absorbe eden malzemeler kullanılmalıdır.
- Spor alanı ya da çocuk oyun alanı çevresinde yapısal gürültü panellerine yer verilmelidir. Panellerin sert dokusunu yumuşatmak ve çevreyle uyumlu hale getirmek için bitki materyalinden yararlanılmalıdır.
- Park içerisinde ve çevresinde gürültünün zararları hakkında bilgilendirici panolara yer verilmelidir.



Sonuç olarak gürültü, yaşamın her alanında var olan ve bireyleri ruhsal ve fiziksel açıdan olumsuz etkileyen bir unsurdur. Ne yazık ki kentsel yaşamda gürültüyü tamamen yok etmek mümkün olmamaktadır. Bu nedenle, rekreasyon aktiviteleri için önemli olanaklar sunan parklarda gürültüyü kontrol altında tutmak, yaşam kalitesinin artırılması açısından oldukça önemlidir. Çalışmaya konu olan parklarda gürültü ile mücadelede topluma farkındalık eğitimlerinin verilmesinin yanı sıra belediyelerin, üniversitelerin ve ilgili diğer kamu kurumlarının tasarımı aşamasından başlamak üzere parklarda ve çevresinde gürültünün oluşmaması için gerekli önlemleri almaları ve yaşanabilir alanlar oluşturmaya katkı sağlamaları gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Anonim, (2010). Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.

- Bayramoğlu, E., Özdemir Işık, B., Demirel, Ö. (2014). Gürültü Kirliliğinin Kent Parklarına Etkisi ve Çözüm Önerileri: Trabzon Kenti Örneği. İnönü University Journal of Art and Design, 4(9): 35-42.
- Ebrahim, S. E., Al-Naseri, S. K., Ali, S. H. (2017). Noise Pollution Assessment and Control in Selected Schools in Baghdad City. Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences, 3(24): 33-42.
- Görmez, K. (2015). Çevre Sorunları (3. Basım). Nobel Yayınları, Ankara.
- Kumar, B., Oberoi, S. V., Goenka, A. (2004). A Brief Review of the Legislative Aspects of Noise Pollution. Workshop on Environmental Pollution: Perspectives and Practices. Organized by Institute of Engineering and Technology, Lucknow, April 30, India, 53- 65.
- Kurra, S. (2009). Çevre Gürültüsü ve Yönetimi. Bahçeşehir Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- Kuş Şahin, C., Onay, B., Sava, B. (2021). Noise Pollution Analysis of Reserved Areas: Case Study of the Isparta Ayazmana Promenade Area. Journal of Applied Life Sciences International, 24(4): 10-18.
- Maraş, E. E. (2011). Coğrafi Bilgi Sistemi Desteğinde Kentlerin Avrupa Birliği Standartlarında Gürültü Haritalarının Üretimi: Samsun İli Örneği. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Doktora Tezi, İstanbul.
- Murphy, E., King, E. A. (2014). Environmental Noise Pollution Noise Mapping, Public Health, and Policy. Elsevier, 283s, USA.
- Onay, B. (2021). Okul Bahçeleri ve Çevresindeki Gürültü Kirliliğinin Önlenmesinde Peyzaj Mimarlığı Yaklaşımları: Isparta Örneği. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Isparta.
- Onay, B., Kuş Şahin, C., (2022). Isparta Kent Merkezindeki Eğitim Kurumları ve Çevrelerindeki Gürültülerin Analizi Üzerine Bir Araştırma. Turkish Journal of Forest Science, 6(2): 457-479.
- Szeremeta, B., Zannin, P. H. T. (2009). Analysis and evaluation of soundscapes in public parks through interviews and measurement of noise. Science of The Total Environment, 407(24): 6143-6149. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.08.039.
- Ünver, E. (2008). Trafik ve Rekreasyonel Kullanım Kaynaklı Gürültü Kirliliğinin Belirlenmesi: Çorlu Örneği. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ.
- Yerli, Ö. (2012). Kentsel Alan Kullanım Kaynaklı Gürültünün Düzce Kenti Örneğinde İrdelenmesi. Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Düzce.
- Zannin, P. H. T., Ferreira, A. M. C., Szeremeta, B. (2006). Evaluation of Noise Pollution in Urban Parks. Environ Monit Assess, 118: 423-433. https://doi.org/10.1007/s10661-006-1506-6

İklim Değişikliği Bağlamında Halkın Antalya'daki Mevcut Parklara Bakış Açılarının Değerlendirilmesi ve İklim Dostu Park Uygulama Önerileri

Nefise ÇETİN , Sibel MANSUROĞLU 

Akdeniz Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Antalya, Türkiye

Geliş Tarihi (Received): 19.10.2023, Kabul Tarihi (Accepted): 05.12.2023

✉ Sorumlu Yazar (Corresponding author*): nefisecetinn@gmail.com

☎ +90 242 227 44 00 📠 +90 242 227 45 64

ÖZ

İklim değişikliğinin önemli etkilerinden meteorolojik ve hidrolojik kuraklığın etkileri gün geçtikçe daha çok hissedilmektedir. Suyun yaklaşık %60'ı yeşil alanların, özellikle de parkların sulanmasında kullanılmaktadır. Mevcut parklarda geniş çim yüzeyler ve estetiğin öncelikli olduğu tasarımlar gibi nedenlerle su tüketimi fazladır. Peyzajda suyun tasarruflu kullanımı için geleneksel peyzaj anlayışından vazgeçilerek, iklim ve çevre dostu kurakçıl peyzaj tasarımına yönelimin gerekli olduğuna inanılmaktadır. Ayrıca yapısal peyzajda koyu renkli geçirimsiz sert zeminler gibi uygulamaların Antalya koşullarında uygun olmadığı, kentsel ısı adası, su kirliliği, yeraltı sularının beslenememesi ve biyokonforda azalmalar gibi pek çok negatif etkilerinin olduğu düşünülmektedir. Sürdürülebilir parklar için, hem yapısal hem de bitkisel peyzaj uygulamalarında iklim dostu çalışmalara yönelime gereksinim duyulmaktadır. İklim değişikliğinin kentteki mevcut parklara etkileri konusunda halkın bilinç düzeylerinin belirlenmesi için iki ilçede anket uygulaması yapılmıştır. Araştırmada halkın katılımının sağlanması ve bilinç düzeyinin artırılmasıyla ilgili kurum ve kuruluşlar üzerinde etkinliğinin artırılması amaçlanmış, elde edilen nitel ve nicel veriler doğrultusunda öneriler geliştirilmiştir. Sonuç olarak, sürdürülebilirlik yaklaşımıyla yeşil alt yapı, kurakçıl peyzaj, yağmur bahçeleri ve yapısal tasarımların bütünleştirilmesiyle iklim değişikliğinin etkilerini hafifletmeye katkı sunabilecektir.

Anahtar Kelimeler: İklim dostu uygulamalar, kent parkı, kurakçıl peyzaj, sürdürülebilirlik, yağmur bahçesi

The Evaluation of Public Perspectives on Existing Parks in Antalya within the Context of Climate Change and Climate-Friendly Park Practice Recommendations

ABSTRACT

The effects of meteorological and hydrological drought, one of the crucial effects of climate change, are felt more and more day by day. Approximately %60 of the water is used for irrigation of green areas, especially parks. Water consumption is high in existing parks due to reasons such as large grass surfaces and designs where aesthetics are a priority. It is believed that for the economical use of water in the landscape, it is essential to abandon the traditional landscape approach and move towards climate and environmentally friendly xeriscape design. In addition, it is reputed to that applications such as dark-coloured impermeable hard grounds in the hardscape are not suitable for Antalya conditions and have many negative effects such as urban heat island, water pollution, failure to feed groundwater and decreases in biocomfort. For sustainable parks, there is a need for climate-friendly studies in both hardscaping and landscaping practices. A survey was conducted in two districts to determine the public awareness about the effects of climate change on existing parks in the city. The aim of the research was to increase the effectiveness of the research on relevant institutions and organizations by ensuring public participation and increasing the level of awareness, and suggestions were developed in line with the qualitative and quantitative data obtained.

Consequently, it can contribute to mitigating the effects of climate change by integrating green infrastructure, xeric landscaping, rain gardens and hardscape designs with a sustainability approach.

Keywords: Climate-friendly practices, city park, xeriscape, sustainability, rain garden

GİRİŞ

İklim değişikliği, atmosferdeki karbondioksit, metan, azot oksit, kloroflorokarbon, su buharı ve benzer diğer gazların oranının olağandan çok daha yüksek seviyelere çıkması nedeniyle gerçekleşmektedir. İklim değişikliği ile birlikte buzullar erimekte, deniz seviyeleri yükselmekte, aşırı iklim olaylarının sayısı ve şiddeti artmakta, sıcak hava dalgaları daha sık bir şekilde olmaktadır. Bunlara ilaveten, seller, su taşkınları, kuraklık, su varlığının azalması, gıda krizi ve biyoçeşitliliğin azalması gibi birçok felaket ortaya çıkmaktadır (Uncu, 2019). İklim değişikliğinin önemli etkilerinden olan kuraklıkla birlikte su kaynaklarında azalmalar yaşanmaya başlamıştır. Çiner (2017), tahminlere göre, 2025 yılından itibaren 3 milyardan fazla insanın su kıtlığı ile yüz yüze geleceğini ifade etmiştir.

Akdeniz kenti Antalya'nın bulunduğu coğrafik konumu dolayısı ile iklim değişikliği etkilerinin daha yoğun hissedileceği yönünde uyarılar yapılmaktadır. Antalya'da uygulanan bir ankette katılımcılar küresel ısınma ve iklim değişikliğinin kenti etkilediğini, küresel ısınmanın etkisiyle yağışların düzensizleştiğini, sıcaklığın ve kuraklığın artış gösterdiğini ifade etmişlerdir (Mansuroğlu ve ark., 2021). Antalya kentinde iklim değişikliği başta olmak üzere, nüfus artışı, kentleşme, bilinçsiz kullanımlar, bilinçsiz peyzaj uygulamaları ve turizm nedeniyle su kaynakları azalmış ya da kirlilik neticesinde kullanılamaz hale gelmiştir. Suyun yaşamsal önemi ve azalan su miktarı düşünüldüğünde suyun her alanda tasarruflu kullanımı ön plana çıkmıştır. Peyzaj mimarlığı iklim değişikliğinden en fazla etkilenecek meslekler grubu içerisinde yer almaktadır. Bunun temel nedenleri arasında esas uğraş alanının dış mekanlar olması, bu mekanları çevrenin bütün özellikleri ile uyumlu olarak planlama kaygısı ve çevreye olan zararların azaltılması ya da yok edilmesi amacıdır (Toy ve ark. 2010). Yapılan bir ankette, Rocky dağları bölgesindeki şehirlere verilen içme suyunun yüzde kaçını peyzaj sulamasında kullandıkları sorulduğunda, %60 - %75 oranında olduğunu ifade etmişlerdir (McCammon ve ark., 2009). Veriler peyzaj uygulamalarında kurakçıl peyzaj gibi su tasarrufu sağlayan tasarım ve uygulamalara ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Peyzaj mimarlığı alanında da xeriscape (kurakçıl peyzaj) yaklaşımıyla, suyun bilinçli kullanıldığı iklim ve çevre dostu peyzaj tasarımları yapmak ve görsel peyzaj kalitesini artırmak mümkündür. Bu yaklaşımın ekolojik ve estetik yararlarına ilaveten

bakım masraflarını düşürdüğü için ekonomiye dost tasarımları da mümkün kılacağı düşünülmektedir. Antalya'da yapılan bir araştırmada, 1.477,28 m²'lik bir parkta mevcut klasik peyzaj uygulaması ile aynı alanın bilgisayar üzerinde kurakçıl peyzaja dönüştürülmesinin sağlayacak olduğu faydalar nicel olarak hesaplanmıştır. Yapım maliyetinde %46,23, yıllık bakım maliyetinde %43,31 oranında tasarruf sağlanabileceği ortaya konulmuştur. Parkın mevcut halinin %51,38'inin çimle kaplı olması bakım maliyetinin artmasına neden olan ana sebeptir. Çünkü sağlıklı bir görünümün devamlılığı için her zaman sulama, gübreleme, biçme gibi bakım işlemlerine düzenli ihtiyacı bulunmaktadır (Çetin ve ark., 2018).

Yağmur bahçesi uygulamalarıyla da kentin yeraltı su kaynaklarına katkı sunulabileceği peyzajda çeşitlilik sağlanabileceği düşünülmektedir. İklim değişikliğinin önemli etkilerinden biri de tüm canlıların yaşam kalitesini etkileyen kentsel ısı adası etkisi ve biyokonforun azalmasıdır. Yeşil altyapının gelişimi küresel iklim değişikliğinin etkilerini azaltmada ve biyokonfor sağlamada önemli bir rol oynamaktadır (Mansuroğlu ve ark., 2021). Kentsel ısı adası etkisinin; doğal ve doğalla yakın alanların korunması bağlantılılarının sağlanması, kente özgü yeşil alt yapı sisteminin oluşturulması ile doğru peyzaj uygulamaları (kurakçıl peyzaj, doğal peyzaj vb.), ve doğru yapısal uygulamalarla da bütünleştirilerek azaltılabileceği, böylelikle biyokonfora katkı sunulabileceği düşünülmektedir. Kentsel ısı adası sadece lokal ve bölgesel iklimi etkilememekte, aynı zamanda su kaynakları, hava kalitesi, insan sağlığı, biyoçeşitliliği ve ekosistemin fonksiyonlarını da etkilemektedir (Grimm ve ark., 2008). Peyzaj Mimarlığı disiplini açısından önemlilik arz eden açık ve yeşil alanlar, kent ısı adası etkisini azaltma, karbon tutma ve depolama gibi kent ekosisteminin iyileştirilmesi ve geliştirilmesinde büyük görevler üstlenmektedir (Tuğluer ve Gül, 2018). Antalya parklarının değişen iklim koşullarına uygun olmadığı, biyokonforu olumsuz etkilediği gözlemlendiği için, iklim dostu parklara yönelimin kentte gereklilik olduğu ve bu yöndeki çalışmalara ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Örneğin; döşeme malzemelerinin koyu renk seçilmesi ışığı absorbe etmesi nedeniyle ortamın sıcaklığın artırmaktadır. Bunun yerine ışığı yansıtan açık renkli yüzeylerin tercih edilmesi gibi pek çok uygulamayla biyokonforu yükseltmek mümkündür. Turizm kenti Antalya'da kurak geçen sürecin uzamasıyla birlikte doğal alanların özelliklerinde kayıplar yaşanmış, bu durum da

orijinal turizm potansiyelinde azalmaya sebebiyet vermiştir. Bitki ve hayvan türlerinin azalmasıyla botanik turizmi, yaban hayatı-kuş gözlemciliği gibi bazı turizm türlerinde negatif etkilenmeler, aşırı sıcak yaz mevsiminden dolayı ziyaretçi sayısında azalmalar da yaşanan diğer olumsuzluklardandır (Mansuroğlu ve ark., 2021). Kentte öncelikli geçim kaynağının turizm olmasının yanı sıra dünyaca tanınan ve marka değeri olan kent olarak bir an önce bilinçlendirme çalışmalarının yapılması ve önlemler alınması gerektiği, bu önlemlerin halkın da katılımıyla kolektif bir şekilde kararlılıkla uygulanması gerektiği düşünülmektedir.

Dünyada iklim değişikliği ile mücadelede halkın katılımının da sağlandığı başarılı çalışmalar yapılmaktadır. Seul kentinde yaşayan farklı sosyal ve ekonomik grupların sorun, ihtiyaç ve taleplerini Seul halkı ile beraber belirleyen Seul yerel yönetimi, iklim değişikliği ile mücadele sürecinde kararlara katılım ve ortak hareket için bir dizi mekanizmayı da devreye sokmuştur. Seul halkının fikirlerini düzenli olarak paylaşabildiği sanal bir platform kurulmuş, belediye yönetimi her kesimden kentte yaşayanlar ile birçok toplantı düzenlemiş ve herkesin katılımına açık kapsamlı ve büyük bir Halk Meclisi toplantısı yapılmıştır. Konuyla ilgili yapılan anket çalışmasının sonuçları, gündelik hayatta yapılması gerekenlerin ve genel eylem planının öncelikli başlıklarının belirlenmesine katkı sağlamıştır (Uncu, 2019). İklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltmada alınacak önlemleri daha uygulanabilir kılmak için halkın görüşlerinin ve istekliliklerinin ölçülerek hareket edilmesi ona göre iyileştirmeler yapılmasıyla, daha başarılı sonuçlara ulaşılabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışma kapsamında öncelikle araştırma alanları Döşemealtı ve Konyaaltı ilçesi, iklim değişikliği, Antalya kenti parklarındaki peyzaj uygulamaları ve iklim dostu peyzaj uygulamaları (yapısal ve bitkisel) konusunda genel bilgiler arazi ve ofis çalışmalarıyla toplanmıştır. Ardından halkın mevcut parkların iklim değişikliğinden etkilenme durumları konusundaki bakış açılarını öğrenmek ve farkındalıklarını ölçmek amacıyla anket uygulaması yapılmıştır. Anketle halkın görüşü alınmış, eğitimle bilinç düzeylerinin artırılarak ilgili kurum ve kuruluşların üzerinde etki unsuru oluşturması, halkın da katılımının sağlanmasıyla daha etkin sonuçlar alma hedeflenmiştir. Bunlara ilaveten, elde edilen veriler ve anket analizleri doğrultusunda öneriler geliştirilmiş, ilgili meslek gruplarının iklim dostu uygulamalara dikkatlerinin çekilmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmanın ana materyalini, Antalya Büyükşehir Belediyesi'ne bağlı bulunan Döşemealtı ve Konyaaltı ilçeleri ile Antalya'daki mevcut parklara halkın bakış açılarının değerlendirilmesi için yapılan anket formları oluşturmaktadır. TÜİK'ten elde edilen nüfus özellikleri materyal olarak kullanılmıştır. Ayrıca, iklim değişikliği ve peyzaj uygulamalarına etkisine yönelik literatür taramalarından faydalanılmış ve Antalya genelindeki parklarda gözlemler yapılmıştır. Antalya'da mevcut parkların durumuna halkın iklim değişikliği bağlamında bakış açılarının değerlendirilmesi için yapılan anket analizlerinde kullanılan IBM Statistics SPSS Version 20.0 programı ve Microsoft Excel 2010 programları da çalışmada kullanılan diğer materyallerdir. Araştırma, arazi ve ofis olmak üzere iki yönde ve üç aşamalı olarak yürütülmüştür. İlk aşamada araştırma alanı olan Döşemealtı ve Konyaaltı ilçelerinin genel özellikleri, iklim değişikliği konularında literatür taramaları yapılmıştır. Ayrıca, Antalya kenti parklarındaki peyzaj uygulamaları konusunda değerlendirme yapabilmek amacıyla, literatürden yararlanılarak "iklim dostu park uygulamaları" ayrıntılı olarak tanımlanmıştır. Döşemealtı'nın mevcut nüfusu merkez ilçeler arasında en düşük olsa da yeni gelişen bir ilçe olması ve pandeminin de etkisiyle nüfusun giderek villaların yoğunlukta olduğu bu bölgeye kayması, Antalya kentinin kuzeyinde yer alması, Konyaaltı İlçesi'nin ise kentin güneyinde yer alması, turizm nedeniyle gözde bir ilçe olması bu ilçelerin seçim nedenlerindedir.

Araştırmanın ikinci aşamasında anket formu hazırlanmış ve uygulanmıştır. Konyaaltı ve Döşemealtı ilçelerindeki kişilere standart formlar aracılığı ile rastlantısal olarak yüz yüze görüşme tekniği kullanılarak anket çalışması yapılmıştır. Ankette bilgilendirici cümleler de koyulmuş, bunun halkın bilinç düzeyini artırmaya da katkı sunacağı düşünülmüştür.

Örnekleme Büyüklüğünün Saptanması

Anket çalışması örneklem büyüklüğü ilgili evren büyüklükleri dikkate alınarak, Baş (2003) tarafından önerilen, aşağıda formüle edilen Denklem 1 kullanılarak %5 hata payına göre hesaplanmıştır. Buna göre Döşemealtı ilçesi için 382 kişi Konyaaltı ilçesi için 384 kişi ile anket yapılması ilgili evreni temsil etmektedir. Ancak eksik, hatalı ve geçersiz anketlerin olabilme ihtimaline ve anketin güvenilirliğini arttırmak amacıyla her örneklem için 400'er olmak üzere toplam 800 adet kişiye anket yapılmıştır.

$$n = \frac{N \cdot t^2 \cdot p \cdot q}{d^2 \cdot (N-1) + t^2 \cdot p \cdot q} \quad (1)$$

N= Evren büyüklüğü

p= İncelenen olayın görülüş sıklığı

q= İncelenen olayın görülmemesi sıklığı (q=1-p)

d= Olayın görülüş sıklığına göre yapılmak istenen sapma olarak simgelenmiştir.

n= Örneklem alınacak birey sayısı

t= Belirli serbestlik derecesinde ve saptanan yanılma düzeyinde t tablosunda bulunan teorik değer (%95 güven aralığı için t=1,96; %99 güven aralığı için ise 2,59'dur.

Sorgulama Yönteminin Seçimi

Görüşme yoluyla sorgulamanın daha güvenli, hızlı olması ve anketleri bu yolla daha ciddiye aldıkları düşünüldüğü için; yerinde anket yöntemi kullanılmıştır.

Anketin Hazırlanması

Anket 3 bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler; sosyo-ekonomik durum, Antalya'daki mevcut parkların durumu ve iklim değişikliğiyle mücadelede yeşil alanda yapılabilecek uygulamalardır.

Anketin Ön Testten Geçirilmesi ve Hataların Düzeltilmesi

Hazırlanan anket formu uzman kişilerle içerik, şekil, değerlendirme ve anlam başlıklarında irdelenmiştir. Oluşturulan ön anketler, rastlantısal olarak bireylere (30 birey) kişisel görüşme yöntemi ile uygulanmış, bu bireylerden elde edilen görüşler doğrultusunda şekillendirilen anket uygulama düzeyine yükseltilmiştir. Bireylerin konuyla ilgili görüşlerini daha kolay ifade edebilmeleri ve çalışmanın hedefine yönelik olarak bölümlerdeki maddeler 5'li likert ölçeği, çoktan seçmeli, açık uçlu ve sıralama ölçütlü olarak oluşturulmuştur.

Anketin Uygulanması

Araştırma alanı olarak seçilen Konyaaltı ve Döşemealtı ilçelerinde yaşayanlara ve çalışanlara yönelik olarak anket uygulanmıştır. Bireylerin dağılımları rastlantısal olarak üzere anket toplam 800 kişi ile karşılıklı görüşme yolu ile uygulanmıştır.

Anket Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Anket formlarından elde edilecek veriler kodlanarak bilgisayar ortamına aktarılmış, IBM Statistics SPSS

Version 20.0 programında değerlendirilmiştir. Katılımcıların sosyo-ekonomik özelliklerini, anket ölçeklerine katılım düzeylerini ve sıklıklarını belirlemek amacıyla frekans (Frequency) analizi yapılmıştır. Sıralama ölçütlü olan soruda eşit ağırlıklı ortalamalar alınmıştır. Anket verileriyle iklim değişikliğinin Antalya'daki mevcut parklara etkileri konusunda halkın bilinç düzeyleri ölçülmüş, halkın ve konuda görevli personelin iklim dostu peyzaj uygulamaları konusunda bilinç düzeylerini artırıcı nitel ve nicel veriler sunularak ilgili meslek mensupları, ilgili kurum ve kuruluşların dikkatini çekebilecek öneriler geliştirilmeye çalışılmıştır. Anketler değerlendirilirken iki ilçede çıkan sonuçlar arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Araştırmanın son aşamasında da nitel ve nicel veriler doğrultusunda öneriler geliştirilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırma alanına yönelik Döşemealtı ve Konyaaltı ilçelerinin genel özellikleri incelenmiştir. TÜİK (2021), verilerine ve adrese dayalı nüfus kayıt sistemi (AD-NKS) sonuçlarına göre ülkemizde ikamet eden nüfus 83.614.362 göre Antalya ili 2.548.308 kişi ile Türkiye nüfusunun %3,05'ini oluşturarak, nüfus büyüklüğü açısından iller arasında 5. sırada yer almakta olup, yüz ölçümü 20.591 km²'dir. İl yüz ölçümüne bakıldığında yaklaşık 360.245 ha kısmı tarımsal amaçla, kalan kısmı da kentsel yerleşme, sanayi, turizm, orman ve diğer amaçlarla kullanılmaktadır. Bu tarım arazisininin 180.588 hektarı tarla, 75.850 hektarı meyvecilik, 51.097 hektarı sebzeçilik, 550 hektarı süs bitkileri olarak kullanılmakta olup 52.160 hektarı da nadas ve kullanılmayan alan olarak bırakılmıştır (Antalya Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü Çed ve Çevre İzinlerinden Sorumlu Şube Müdürlüğü, 2022; Antalya Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü ÇED ve Çevre İzinlerinden Sorumlu Şube Müdürlüğü, 2023).

Akdeniz ikliminin hakim olduğu Antalya'da, kışlar ılıman ve yağışlı, yazlar ise sıcak ve kurak geçmektedir. Antalya ili, Türkiye'nin güneyinde, merkezi Akdeniz kıyısında olan bir turizm merkezidir. Dört mevsimde de turizm olanaklarının ve tesislerinin olduğu bir ildir. Kültür turizmi başta olmak üzere deniz, spor, sağlık, kış, kongre, yayla, mağara, kamp ve inanç turizmi yapılabilmekte bu turizm seçenekleri için tesisler bulunmaktadır. Türk Rivierası Antalya kıyılarının uzunluğu yaklaşık 640 km'dir. (Antalya Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü Çed ve Çevre İzinlerinden Sorumlu Şube Müdürlüğü, 2022). Döşemealtı İlçe nüfusu TÜİK (2021) verilerine göre 69.300 kişidir. Merkez ilçeler arasında nüfus bakımından

sonuncu, yüz ölçümü bakımından (683 km²) ise 2. sırada olup, 33 mahalleden oluşmaktadır. Konyaaltı İlçesi'nin nüfusu ise TÜİK (2021), verilerine 189.078 kişi'dir. Merkez ilçeler arasında ise nüfus ve yüz ölçümü bakımından (562,4 km²) 3. sırada olup, 39 mahalleden oluşmaktadır.

İklim Dostu Park Uygulamaları

Kentlerde yapılı alan yoğunluğunun fazla olması kentleri iklim değişikliğinin etkilerine karşı kırılgan hale getirmektedir. Kentlerde ekosistem değerlerini ve işlevlerini koruyan birbirleriyle bağlantılı doğal, yarı doğal ve kültürel alanların oluşturduğu bir yeşil alan ağının (yeşil altyapı sisteminin) sağladığı ekosistem servisleri iklim değişikliğinin etkilerini hafifletmede önemli bir roledir (Coşkun Hepcan, 2019). Yeşil altyapı sistemleri içerisinde birçok uygulama yöntemi barındırmakta ve yeşil omurga oluşturmada aktif rol oynamaktadır. Bu sistemdeki her unsur kentlerin sürdürülebilirliğine, ekolojik işleve dolayısıyla yaşanılabilir ortamlar oluşturmaya katkı sunmaktadır. Özellikle kentsel alanlardaki meydana gelen çevre sorunlarının çözümünde, iklim denetiminde, yaşam kalitesinin artırılmasında, atık kontrolü ve geri dönüşüm sağlanmasında, daha yaşanılabilir ortamlar oluşturulmasında, geçirimsiz yüzeylerin artmasıyla ortaya çıkan sel afetleri önlenmesi gibi kenti etkileyen çevresel sorunlarda ve insanların doğa ile etkileşiminin artırılmasında, olumlu etkilere sahiptir (Kaylı ve Güneş Gölbe, 2020). Kentlerde iklim değişikliğine adaptas-

yon kapsamında park alanlarının, doğal ve doğala yakın alanların yeşil koridorlarla bağlanması yeşil altyapının etkinliğini artıracak, çevreye dost uygulamaları mümkün kılacaktır.

Yağış suyu yönetim sistemleri doğal drenaj deseni dikkate alınarak su döngüsüne uygun bir şekilde inşa edilen yağmur bahçesi, geçirimli döşeme, kuru kuyu, yağış suyu bitki şeridi, yağmur hendeği, sızma çukuru, yeşil çatı, çatı bahçesi, yağmur varili, sarnıç, su arıtma alanları ve sulak alanlar gibi rasyonel çözümler içeren yeşil altyapı bileşenleriyle sağlanabilmektedir (Coşkun Hepcan, 2019). Yağmur bahçeleri, uygun bitkilerin dikildiği malç tabakasıyla kaplanmış topraktaki suyun kendine ayırıldığı arazideki sığ hendek gibi yapılarıdır. Yağmur bahçeleri, yüzeyden akan suyu emmekte ve onun dünya yüzeyinden aşağıya doğru toprak bazlı ortamdan sızmasına izin vermektedir. Yeraltı sularını yeniden doldurmada ve yağmur suyundan patojenleri, besin maddelerini çeşitli metaller ve diğer organik maddeler ortadan kaldırarak ekosistemin kalitesini artırmaktadırlar. Periyodik su baskınlarına dayanıklı yerli bitkiler yağmur için en uygun olanlardır. Yağmur bahçeleri, yatağın belirli gözenekli alt tabakalardan (genellikle tınlı kumlar) oluştuğu ve su baskınına dayanıklı, kuraklığa dayanıklı bitkilerle bitkilendirilerek tasarlandığı bahçelerdir (Sharma ve Malaviya, 2021). Şekil 1'de yağmur bahçesi örnekleri sunulmuştur.



Şekil 1. Yağmur bahçesi örnekleri (URL-1, 2023)

Yağmur bahçeleri, parklarda da sert zeminlerden akan suyun yüzey akışıyla kirlenerek yer altı sularına gitmesini önleme ve geçirimli zemin döşemeleri kullanımı ile yer altı sularını besleme açısından da avantajlıdır. Eğer parkın topografyası uygunsa (kazı yapılmadan) uygun eğimin olduğu alanlarda kuraklığa

dayanıklı doğal bitkilerin kullanımı, su tüketimini azaltacak, su kaynaklarını besleyecek, su kirliliğini azaltarak iklim değişikliğinin etkilerini hafifletmeye yardımcı olacağı düşünülmektedir. Park içerisinde yapılar (pergola vb.) varsa onların çatısından akan yağmur sularını varillerde biriktirilip, park alanının sulanmasında

kullanımı hem ekonomik hem ekolojik yarar sağlayabilir. Ancak kent içerisinde bu suların hava kirliliği başta olmak üzere çeşitli kirleticilerle etkileşim içinde olduğu da unutulmamalıdır. Peyzaj tasarımlarında geleneksel peyzaj uygulamalarına devam edilmesiyle bitkiler daha çok sulamaya ihtiyaç duymaya başlamış ve su tüketimi büyük miktarlara ulaşmıştır. Değişen iklim koşullarına uyumlu olmayan geleneksel peyzaj anlayışıyla yapılan düzenlemeler bu alanların fonksiyonelliğini yitirmesine beklenen ekolojik ve estetik yararlarını yerine getirememesine neden olmuş, bitkilerde kurumalar, hastalıklar ve kayıplar yaşanmaya başlanmıştır. Çevreci ve doğal kaynakları koruma prensibine sahip olan "kurakçıl peyzaj", "yeşil altyapı" ile entegre edilerek kentlerde doğal su yönetimi sağlanarak sürdürülebilir çevre için oluşturulan altyapıyı güçlendirmektedir. Kentsel alanlarda kurakçıl peyzaj kullanımı yeşil alanların uygulama ve bakım maliyetlerini düşürerek su, zaman, maddiyat ve enerji gibi

peyzaj yaklaşımı gelişerek yeşil altyapı uygulamaları ile bütünleşmektedir. Örnek olarak yeşil çatılar, yeşil sokaklar, dikey bahçeler ve çatı bahçeleri gibi uygulamalar kurakçıl peyzaj anlayışıyla entegre edilerek suyu etkin kullanan, çevreci ve sürdürülebilir uygulamalar yapılmasını sağlamaktadır (Kaylı ve Güneş Gölbey, 2020). Xeriscape terimi Yunanca kurak anlamına gelen "xeros" ve İngilizce'de peyzaj anlamına gelen "landscape" kelimelerinden türetilmiştir. Bu anlayış 1980'li yılların başında ABD'nin Colorado eyaletinin Denver kentinde ortaya çıkmıştır (Welsh, 2000; Wilson ve Feucht, 2007). Kurakçıl peyzajda, suyun etkin kullanımı ve mevcut kaynaklardan sürdürülebilir bir şekilde faydalanmayı sağlamak için 7 ilke uygulanmaktadır. Bunlar; uygun planlama ve tasarım, toprak hazırlığı ve toprağın iyileştirilmesi, uygun bitki türlerinin seçimi, kuraklığa dayanıklı çim alanların oluşturulması, etkin sulama, malçlama ve uygun bakım'dır (Welsh, 2000). Şekil 2'de kurakçıl peyzaj ör-



pek çok unsurda tasarruf sağlamaktadır. Kurakçıl

nekleri sunulmuştur.

Şekil 2. Kurakçıl peyzaj örnekleri (URL-1, 2023)

Kurakçıl peyzaj tasarımlarında, fonksiyonel olarak ihtiyaç dahilinde ise çim kullanılabilen, fakat bunlar kuraklığa dayanıklı türlerden seçildiği takdirde, peyzajların sürdürülebilirliği açısından yarar sağlayabilmektedir. Bölge ekolojisine uygun doğal ve kuraklığa dayanıklı bitki türlerinin kullanımı, mevsimlik bitki kullanımına alternatif çok yıllık otsu çiçekli türlerin, yer örtücü sukkulentlerin kullanımı, başta su tasarrufu olmak üzere pek çok fayda sunan malçlama uygulamalarının artırılması önem taşımaktadır.

İklim değişikliğinin en büyük nedeni olan CO₂'in aşırı salınımından meydana gelen atmosferin ısınmasıdır. Yapı malzemesinin üretilmesi, kullanılması ve dönüşümü sırasında minimum enerjinin harcanması, dolaşımıyla doğal çevreye zarar verilmemesi veya minimum seviyede kalınması amaçlanmalıdır. Yapı mal-

zemesinin taşınması gereken bir diğer özelliği ise insan sağlığına zararlı olmamasıdır. Bu nedenle bir yapı malzemesinin seçiminde, hammaddenin elde edilmesi, üretimi, şantiyeye nakledilmesi, uygulama, kullanım ve dönüşüm aşamalarını kapsayan sürecin bütününün dikkate alınması gerekmektedir (Parsa, 2019). Yapı malzemesinin seçiminde yaşam döngüsüne ilaveten nakliye açısından da yakından temin edilebilen doğal malzemeler seçilirse karbon ayak izi de düşük olacağı için daha çevre dostu tercihler olabileceği düşünülmektedir.

Bir milyon veya daha fazla kişinin yaşadığı bir kentin yıllık ortalama hava sıcaklığı çevresine göre 1-3°C daha sıcak ve açık, sakin bir gecede, bu sıcaklık farkı 12°C'a kadar çıkabilmektedir. Parklar ve bitkilerle kaplı alanlar tipik olarak daha soğuk yüzey sıcaklıkla-

rına sahip olduğundan daha soğuk hava sıcaklıkları oluşumuna katkı sağlamaktadır (EPA, 2008). Asfalt ve beton gibi geleneksel kaplama malzemeleri güneş ışığının %5-40'ını yansıtmakta, %95-60'ını absorbe etmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki geleneksel kaldırımlar geçirimsiz beton ve asfalttır. Yaz aylarında yüzey sıcaklıkları pik yaparak 48-67°C'a ulaşabilmektedir. Bu yüzeyler ısıyı aşağıya doğru aktarmakta, kaplamanın alt yüzeyinde depolanıp ve burada geceleri ısı olarak yeniden salınmaktadır. Daha sıcak gündüz yüzey sıcaklıkları da ısınabilir kaldırımdan akan yağmur suyunu ısınmasına neden olup, kentsel ısı adalarına (özellikle geceleri) ve su kalitesinde bozulmaya neden olmaktadır (EPA, 2017).

Parklardaki spor alanlarında koyu renkle boyalı beton, asfalt, EPDM kauçuk, SBR ve karo kauçuk gibi malzemeler sıklıkla tercih edilmektedir. Özellikle kauçuk malzemeler yumuşak ve esnek dokusu nedeniyle tercih edilse de sağlık açısından zararlı olduğu, çevreye ve iklime dost olmadığı uzmanlar tarafından vurgulanmaktadır. Ayrıca sıcak iklimlerde kullanımının ışığı absorbe etme özelliği nedeniyle de uygun olmadığı düşünülmektedir. Spor pistlerinde ve oyun alanlarında zemin kaplaması olarak lastiklerin parçalanıp granül haline getirilerek kullanımı da oldukça yaygındır. Kauçuk malzeme ile doğrudan temasın alerjik dermatit ürettiği belirlenmiştir. Lastik parçacıkları soluma, yutma veya deri teması yoluyla vücuda girmesinin ardından mutajen ve kanserojen etkiler baş göstermektedir. Lastik tozu ve lastik dumanı yalnızca insan yaşamı için değil, bitki ve diğer canlılar için de olumsuz sonuçlara sebebiyet vermektedir. Dikkat edilmesi gereken bir konu da atık lastiklerin değerlendirilmesinde kullanılan proseslerin; çevreye zararlı etkiler içermemesi, ham madde dönüşümünü sağlayarak doğal kaynakların korumaya yardımcı olması ve ekonomik açıdan maliyetinin yüksek olmasıdır (Karabörk ve Akdemir, 2013; AEM Laboratuvarı, 2023). Çocuk oyun alanlarında oyun grubundan düşme yüksekliği baz alınarak doğru zemin döşeme materyalleri seçerken, aynı zamanda bu malzemelerin uluslararası güvenlik ve emniyet normlarına uyumlu geçirimsiz malzemeler olmasına da özen gösterilmesi gerektiği düşünülmektedir. Park tasarımlarında özellikle de cadde üzerlerindeki parklarda dikkat çekmesi amacıyla su öğelerine (havuz) sıkça yer verildiği görülmesine karşın, deniz kıyısında bulunan kentlerde parklarda kullanılan su öğeleri denizin güçlü etkisi temelinde beklenen etkiyi sağlayamadığı düşünülmektedir. Park aydınlatmada, solar aydınlatmaların kullanımı yaygınlaşmakla birlikte, bu sistemin aydınlatma etkisinin nispeten düşük olması kullanılacak aydınlatma elemanı sayısını artırmaktadır. Ancak sürdürülebilirlik bağlamında düşünüldüğünde, uzun

vadede ekonomik ve ekolojik açıdan faydalı olmaktadır. Bunlara ilaveten bakım kolaylığı ve bakım masrafının (pil değişimi vb.) az olması nedeniyle iklim dostu parklar için daha uygun tercihler olup, standart aydınlatmaların bazı arıza durumlarında kazı-dolgu gerektirebileceği, bu esnada yeşil dokuda tahribata neden olabileceği ve elektrik çarpması riski gibi sorunlarla da karşılaşılabilmesi ihtimalleri de unutulmamalıdır. Parklarda çocuk oyun gruplarında, pergolalarda ve diğer oturma birimlerinde metal malzeme tercih edilmesi çabuk ısınması nedeniyle sıcak iklim koşullarında kullanımı fonksiyonel olmamaktadır. Estetik kaygıyla, parklardaki oturma birimleri ve pergola ayaklarında ve oturlan yüzeylerinde beton veya metal malzeme uygulamalarına veya kombinasyonlarına da parklarda sıkça rastlanmaktadır. Bunun yerine doğal bir malzeme tercih edilmesi daha fonksiyonel ve sürdürülebilir olacaktır. Ayrıca çocuk oyun alanlarında da ısı iletkenliği yüksek çabuk ısınan metal oyun gruplarının kullanılmaması gerektiği bu oyun gruplarının ısınması neticesinde ciltte yanık oluşumu gibi sağlık sorunlarına da neden olabileceği ve ergonomik olmadığı düşünülmektedir.

İklim Değişikliği Bağlamında Halkın Mevcut Parklara Bakış Açılarının Değerlendirilmesi Anket Katılanların Özellikleri

Döşemealtı ve Konyaaltı ilçelerinden 400'er katılımcıyla, toplamda 800 kişiyle gerçekleştirilmiştir. İlçeler bazında ve ortalama olarak katılımcıların sosyo-ekonomik durumları Tablo 1'de sunulmuştur. Döşemealtı İlçesi'ndeki katılımcıların %47'si kadın, %53'ü erkek, %65'i evli yaş ortalaması ise 35,87, Konyaaltı İlçesi'ndekilerin ise %51'i kadın %49'u erkek, %56,5'i evli ve yaş ortalaması ise 36,64'tür. Araştırmaya Döşemealtı ilçesinden katılanların eğitim durumları incelendiğinde, en yüksek lise (%32,8) ve üniversite (%30,8) mezunları olduğu tespit edilmiştir. Konyaaltı ilçesinde ise, üniversite mezunları %43,8 ile en yüksek orandadır. Döşemealtı ilçesinde katılımcıların çoğunluğu (%39,5) işçi olup, bunu sırasıyla memur (%19,8) ve serbest meslek (%15,5) izlemektedir. Bu ilçenin aynı zamanda sanayi bölgesi olması nedeniyle fabrika işçilerinin çoğunlukta olması yüz yüze yapılan anketler aracılığıyla edinilmiş bilgilerdendir, bu yüzden oranın yüksek çıktığı düşünülmektedir. Konyaaltı ilçesinde katılımcıların çoğunluğu (%35,5) işçi olup, bunu sırasıyla memur (%23,3) ve serbest meslek (%20) izlemektedir. Bu ilçe de ise mimar-mühendis gibi teknik kadroların veya büro personellerinin belediyelerde bazı kişilerin işçi statüsünde çalışması nedeniyle işçi yanıtını verdikleri yüz yüze anket yapılırken edinilen deneyimlerle de öğrenilmiştir. Antalya'da oturma sürelerine bakıldığında en fazla 5 yıldır otu-

İklim Değişikliği Bağlamında Halkın Antalya'daki Mevcut Parklara Bakış Açılarının Değerlendirilmesi ve İklim Dostu Park Uygulama Önerileri

ranlar Döşemealtı ilçesinde %15,8, Konyaaltı ilçesinde ise %3,3 olduğu, Döşemealtı ilçesi (%73) ve Konyaaltı ilçesindekilerin (%91,3) çoğunluğunun 10 yılı aşkın süredir Antalya'da oturduğu görülmüştür. Dö-

şemealtı'nın yeni gelişen bir ilçe olması nedeniyle bu oranın Konyaaltı ilçesine göre nispeten daha düşük çıktığı düşünülmektedir.

Tablo 1. Ankete katılanların sosyo-ekonomik özellikleri

| | | İlçeler | | | |
|----------------------|-----------------|--------------------|----------|-------------------|----------|
| | | Döşemealtı (N=400) | | Konyaaltı (N=400) | |
| | | Kişi sayısı (n) | Oran (%) | Kişi sayısı (n) | Oran (%) |
| Cinsiyet | Erkek | 212 | 53 | 196 | 49 |
| | Kadın | 188 | 47 | 204 | 51 |
| Yaş | 18-24 yaş | 51 | 12,8 | 47 | 11,8 |
| | 25-34 yaş | 144 | 36 | 144 | 36 |
| | 35-44 yaş | 133 | 33,3 | 136 | 34 |
| | 45-54 yaş | 54 | 13,5 | 39 | 9,8 |
| | 55-64 yaş | 13 | 3,3 | 25 | 6,3 |
| | 65 yaş ve üzeri | 5 | 1,3 | 9 | 2,3 |
| | | Okur-yazar | 6 | 1,5 | 2 |
| Eğitim düzeyi | İlkokul | 37 | 9,3 | 17 | 4,3 |
| | Ortaokul | 45 | 11,3 | 35 | 8,8 |
| | Lise | 131 | 32,8 | 88 | 22 |
| | Yüksekokul | 39 | 9,8 | 49 | 12,3 |
| | Üniversite | 123 | 30,8 | 175 | 43,8 |
| | Lisansüstü | 19 | 4,8 | 34 | 8,5 |
| | | Serbest Meslek | 62 | 15,5 | 80 |
| Meslek | Memur | 79 | 19,8 | 93 | 23,3 |
| | İşçi | 158 | 39,5 | 142 | 35,5 |
| | Çiftçi | 5 | 1,3 | 5 | 1,3 |
| | Emekli | 17 | 4,3 | 21 | 5,3 |
| | İşsiz | 19 | 4,8 | 9 | 2,3 |
| | Öğrenci | 33 | 8,3 | 33 | 8,3 |
| | | Ev Hanımı | 27 | 6,8 | 17 |

Döşemealtı ilçesinden ankete katılanlara % 42,3'ü çevre ve doğa koruma konusunda ders aldığını ve bu

kişiler de en fazla ilkokulda (%12,5) ders aldığını belirtmiştir. Konyaaltı İlçesi'nden ankete katılanların %

İklim Değişikliği Bağlamında Halkın Antalya'daki Mevcut Parklara Bakış Açılarının Değerlendirilmesi ve İklim Dostu Park Uygulama Önerileri

41,8'i çevre ve doğa koruma konusunda ders aldığını ve bu kişiler ise en fazla lisans (%15) eğitiminde ders aldığını belirtmiştir. Döşemealtı ilçesinden ankete katılanların %56,8'i herhangi bir ağaçlandırma faaliyetine katılmadığını, Konyaaltı ilçesindekilerin ise %39,3'ü katılmadığını ifade etmiştir. Konyaaltı ilçesindeki katılımcıların eğitim düzeylerinin daha yüksek olması nedeniyle, doğa ile daha ilgili olduğu düşünülmektedir.

Döşemealtı ilçesinden ankete katılanlardan, iklim değişikliğiyle mücadelede yeşil alanlarda hangi uygulamalar yapılabileceğini sıralamaları istenmiştir. Katılımcılar, 8 uygulama arasından ilk üçünü sıralamış-

lardır (Tablo 2). Birinci sıradaki tercihleri "Doğal bitki türleri kullanımı artırılabilir" (%45,0), ikinci sıradaki "Elle sulama yerine otomatik sulama sistemlerine geçilebilir" (%27,3) ve üçüncü sıradaki ise "Yağmur suyu depolanarak peyzaj alanlarının sulamasında kullanılabilir" (%47,8) ifadesi olmuştur. "Yağmur suyu depolanarak peyzaj alanlarının sulamasında kullanılabilir" ifadesinin eşit ağırlıklı ortalaması 20,3 ile en yüksek oranda olduğu tespit edilmiştir. Buradan ilk iki sırada sulamaya önem vermelerinden dolayı katılımcıların çok su tüketildiğini düşündüğü, sulamada yeni çözümlere gidilmesi istendiği sonucu çıkarılabilir.

Tablo 2. İklim değişikliğiyle mücadelede yeşil alanlarda yapılabilecek uygulamalar (önem sırasına göre)

| İfadeler | Döşemealtı ilçesi | | | | Konyaaltı ilçesi | | | |
|---|-------------------|-------------|-------------|-------------|------------------|-------------|-------------|-------------|
| | 1. | 2. | 3. | Ea | 1. | 2. | 3. | Ea |
| İklim değişikliğiyle mücadelede yeşil alanlarda yapılabilecek uygulamalar | | | | | | | | |
| Doğal bitki türleri kullanımı artırılabilir | 45 | 2,5 | 1,8 | 16,4 | 20,8 | 7 | 12,8 | 13,5 |
| Kuraklığa dayanıklı bitki türleri kullanılabilir. | 23,5 | 18 | 4,3 | 15,3 | 11,8 | 18,8 | 15,5 | 15,3 |
| Bitki etrafındaki toprak üzerine nem kaybını ve yabancı ot çıkışını önleme amaçlı taş, ağaç kabuğu vb. uygulanabilir. | 4 | 6 | 4,8 | 4,9 | 1 | 4 | 6 | 3,7 |
| Çok su tüketen ve bakım isteyen çim alanlar azaltılabilir. | 7,5 | 16 | 8 | 10,5 | 5,5 | 16,8 | 20,8 | 14,3 |
| Aynı sulama ihtiyacına sahip bitkiler bir araya dikilebilir | 2,3 | 9,5 | 5 | 5,6 | 3 | 7 | 7,5 | 5,8 |
| Kurakçıl peyzaj, doğal peyzaj, çöl peyzajı gibi diğer çevre dostu peyzaj uygulamaları artırılabilir. | 5,3 | 14,8 | 10,8 | 10,3 | 10,3 | 23,3 | 12,8 | 15,4 |
| Elle sulama yerine otomatik sulama sistemlerine geçilebilir. | 5,5 | 27,3 | 17,8 | 16,8 | 7,5 | 16,5 | 10 | 11,3 |
| Yağmur suyu depolanarak peyzaj alanlarının sulamasında kullanılabilir. | 7 | 6 | 47,8 | 20,3 | 40,3 | 6,8 | 14,8 | 20,6 |

*Ea: Eşit ağırlıklı

Konyaaltı ilçesinden ankete katılanların ise birinci sıradaki tercihleri "Yağmur suyu depolanarak peyzaj alanlarının sulamasında kullanılabilir" (%40,3), ikinci derece "Kurakçıl peyzaj, doğal peyzaj, çöl peyzajı gibi diğer çevre dostu peyzaj uygulamaları artırılabilir" (%23,3) ve üçüncü derece "Çok su tüketen ve bakım isteyen çim alanlar azaltılabilir" (%20,8) ifadeleri olmuştur (Tablo 2). Yağmur suyu depolanarak peyzaj alanlarının sulamasında kullanılabilir ifadesi eşit ağırlıklı ortalaması 20,6 ile en yüksek orandadır. İlk üç sıralamasında arasında iki ilçede de yağmur suyu depolanarak peyzaj alanlarının sulamasında kullanılabilir ifadesi benzer oranlarda yer almıştır. Buradan, iki ilçedeki katılımcıların da suyun tasarruflu kullanıldığı alternatif çözümlere açık oldukları sonucu çıkarılabilmektedir.

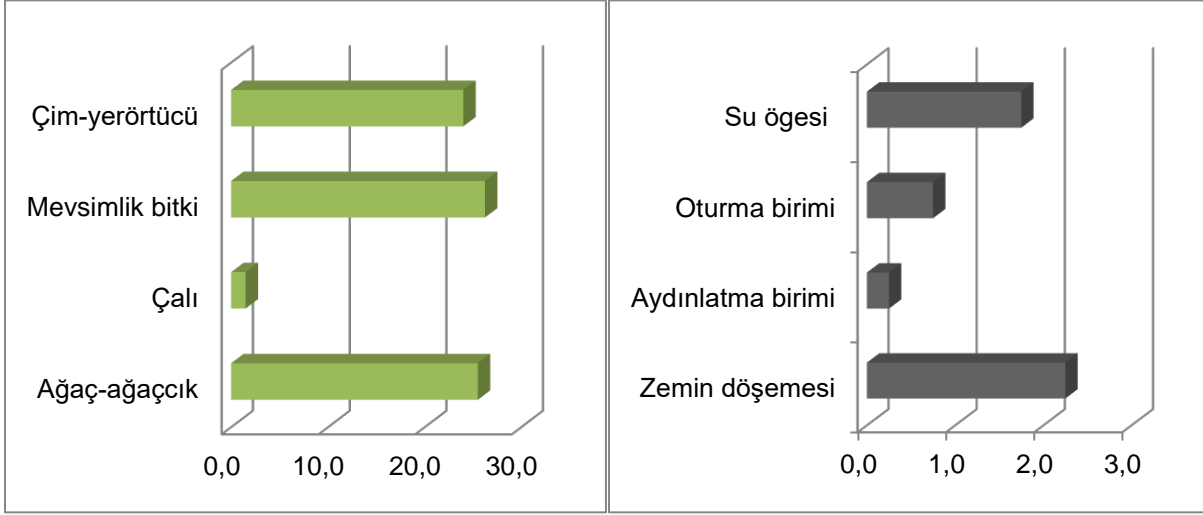
Döşemealtı ilçesinden ankete katılanlara "Antalya'da mevcut parklar iklim değişikliğinden etkilenmiş midir" sorusu yöneltildiğinde katılımcıların % 82,3'ü "evet"

yanıtını vermiş, evet yanıtını veren katılımcıların %77,3'ü bitkilerin iklim değişikliğinden etkilendiğini ifade eder iken, %5'i ise yapısal malzemelerin etkilendiğini ifade etmişlerdir. Katılımcılar bitki gruplarından en fazla mevsimlik bitkiler (çiçekler) (%26,3), ağaç-ağaçcıklar (%25,5) ve çimler-yer örtücü bitkilerin (%24,0) etkilendiğini, yapısal malzemelerden ise en fazla zemin döşeme malzemeleri (%2,3) ve su öğelerinin (havuz) (%1,8) etkilendiğini belirtmiştir (Şekil 3).

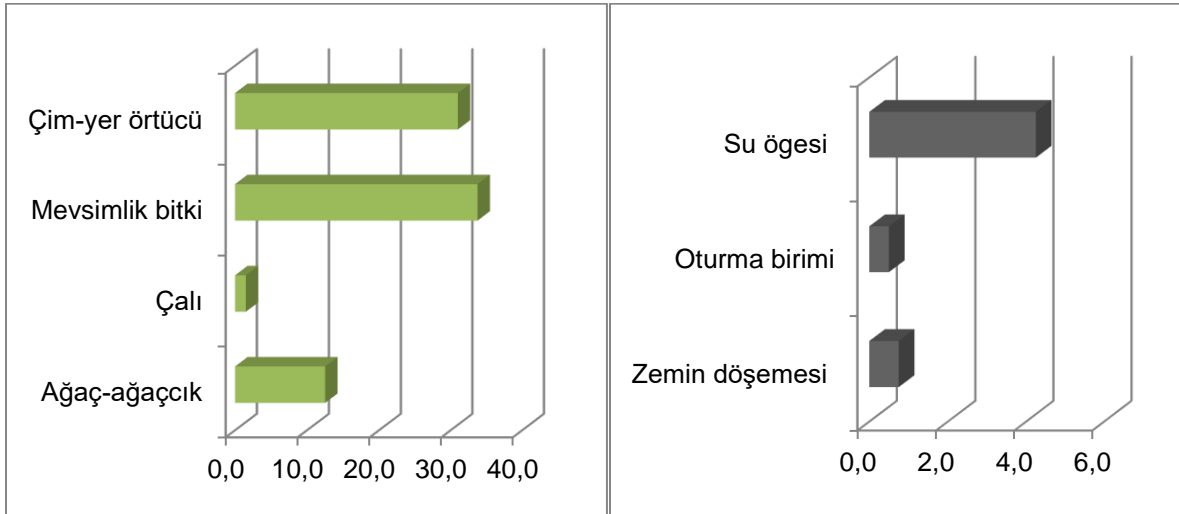
Konyaaltı ilçesinden ankete katılanlar Antalya'da mevcut parklar iklim değişikliğinden etkilenmiş midir sorusuna %84,3'ü evet yanıtını vermiş, evet yanıtını veren katılımcıların %78,8'i bitkilerin iklim değişikliğinden etkilendiğini ifade eder iken, %5,5'i ise yapısal malzemelerin etkilendiğini ifade etmişlerdir. Katılımcılar bitki gruplarından en fazla mevsimlik bitkiler (çiçekler) (%33,8) ve çimler-yer örtücü bitkilerin (%31,0) etkilendiğini, yapısal malzemelerden ise en fazla su öğelerinin (havuz) (%4,3) etkilendiğini belirtmiştir

(Şekil 4). İki ilçedeki katılımcıların da çoğunluğu Antalya'daki mevcut parkların iklim değişikliğinden etkilendiğini, en fazla bitkiler etkilenmiştir yanıtını verdiği ve bu oranların birbirine çok yakın olduğu tespit edilmiştir. Katılımcılar bitki gruplarından ise en fazla mevsimlik bitkiler ile çimler-yer örtücü bitkilerin etki-

lendiği konusunda fikir birliğine vardıği görülmüştür. Bunlara ilaveten Döşemealtı ilçesindeki katılımcıların ağaç-ağaçcıklar grubunda da yoğunlaştığı belirlenmiştir.



Şekil 3. Döşemealtı ilçesindeki katılımcılara göre parklarda iklim değişikliğinden etkilenen bitki grupları ve yapısal malzemeler



Şekil 4. Konyaaltı ilçesindeki katılımcılara göre parklarda iklim değişikliğinden etkilenen bitki grupları ve yapısal malzemeler

SONUÇ ve ÖNERİLER

Kentte iklim değişikliğinin etkileri artmış olup, uzmanlar giderek artacağı yönünde uyarılar yapmaktadır. Çetin ve ark. (2018)'na göre yapılan hidrometrik ana-

lize göre Antalya'da Nisan ortasından Eylül sonuna kadar yaklaşık beş buçuk aylık kurak bir süreç yaşanmaktadır. Değişen iklim koşullarına adapte şekilde yaşamak, yaşam kalitesini artırmak için artık bir gereksinim halini almıştır. Her alanda konuya yönelik

uzman kişilerce kolektif çalışmalar yürütülmesi, yaşamı daha sürdürülebilir kılacaktır.

Park konumlarının, büyüklüklerinin belirlenmesinde ve bağlantılarının oluşturulmasında yeşil alt yapı sistemine göre ekolojik, bilimsel ve teknik verilere dayalı peyzaj mimarları, şehir plancılar gibi ilgili meslek mensuplarıyla işbirliği içerisinde planlamanın yapılmasının kente çok yönlü faydalar sunacağı düşünülmektedir. Coşkun Hepcan, (2019) birbirleriyle işlevsel bağlantılar oluşturacak şekilde kurgulanmış, ekolojik nitelikleri yüksek yeşil alanları içeren yeşil altyapı sisteminin sağladığı ekosistem servisleri, iklim değişikliğinin etkilerini azaltmada önemli rolü bulunduğunu ifade etmiştir. Antalya'da iklim değişikliğiyle birlikte artan sel ve taşkınları, yeşil altyapı uygulamalarından olan yağmur bahçelerine özellikle doğal eğimin olduğu uygun parklarda kullanımı Antalya parklarında yağış suyunu doğal drene edilmesini sağlayarak afet boyutuna ulaşmasını engellemede ve yeraltı sularını beslemede faydalı olabilecektir. Yağmur bahçeleri tasarlarırken de diğer tüm peyzaj tasarımlarında da doğru bitki seçimi çok önemlidir. Değişen yeni iklim koşullarına uygun olmayan tür seçimleri ve estetiğin ön planda tutulması gibi yanlış uygulamalarla peyzajda daha fazla ve sık sulamaya ihtiyaç duyulmaya başlanmıştır.

Antalya turizm ve kıyı kenti olması nedeniyle tropikal bir hava yaratma düşüncesiyle kentte egzotik türlerin yoğunluğu dikkat çekmektedir. Ancak bu bitkiler kent iklimine uyumlu olmadığında adaptasyon sorunu yaşamakta daha fazla su tüketilmesine ilaçlama, gübreleme gibi ek bakım işlemlerine gereksinim duymaktadır. Örneğin; kentte yoğun olarak kullanılan palmyelerde, kırmızı palmye böceğine (*Rhynchophorus ferrugineus*) sıkça rastlanmakta olup, mücadelesi maliyetlidir. Ayrıca bu türler hastalık ve zararlılarını diğer türlere de yayarak de olumsuz etkilemekte, bu hastalık ve zararlılarının mücadelesinde ekonomiye ve çevreye zarar verilmektedir (Çetin, 2016). Özellikle Antalya'da güneşlenme şiddeti ve süresi fazla olmasına rağmen, parklarda sınırlı sayıda ağaç dikilmekte geri kalanı geniş çim yüzeyler olarak bırakılmaktadır. Antalya koşullarında geniş taç yapan en az 1,8 m'den tiji tercihen Akdeniz orijinli kuraklığa dayanıklı herdemyeşil ağaçlarla doğal bir şekilde serinlik ve gölge oluşturmak mümkündür. Ayrıca bu türlerin kullanımıyla hem kentin doğal değerleri ve zenginliği hem de kent kimliği korunmuş olacaktır. Bunlara ek olarak ilaçlama ve gübreleme gibi kimyasallara sınırlı oranda ihtiyaç duyacak, bitki tesis olunca bakım istekleri daha da düşecektir. Çim biçme makinesi, budama motoru gibi ekipmanlar pek kullanılmayacağından, bu ekipmanlardan kaynaklı karbon salınımının önüne geçilebilecektir. Egzotik türler alana dikilmek isteni-

yorsa, önce bölge koşullarına uygunluğu, üretim-çoğaltma kolaylığı ve türlerin yaşam döngüsü analizine bakılması gerektiği düşünülmektedir. Yabancı yurtlu bu bitkilerin, nakliyesinde de büyük oranda karbon salınmaktadır. Ayrıca genellikle bu türler ilaçlama ve gübreleme gibi bakım işlemlerine daha çok ihtiyaç duyacağı için çevreye olan kimyasal atık yükü de fazla olacaktır. Bu türler yerine Akdeniz kökenli *Ceratonia siliqua* ve *Arbutus andrachne* gibi herdemyeşil ağaçlar ya da çiçekleriyle ön planda olan *Cercis siliquastrum* ve *Prunus amygdalus* gibi türlerin parklardaki yürüme yolları çevresinde tercih edilebileceği düşünülmektedir. Ayrıca kentin hakim rüzgar yönünde rüzgar perdeleyici ağaçların dikilmesinin mikroklimatik konforu olumsuz etkileyeceğinden bu hususa da dikkat edilmelidir. Parklarda renkli bir görüntü oluşturmak için genellikle mevsimlik bitki kullanılmakta olduğu görülmektedir. Mevsimlik bitkiler alternatif olarak, çok yıllık otsu çiçekli türler (*Pelargonium graveolens*, *Salvia* sp. vb.), renkli yapraklı çalılar (*Santolina chamaecyparissus*, *Lavandula officinalis*, *Nandina domestica* 'Atropurpurea Nana' vb.) ve yer örtücü sukku-lentlerle (*Sedum reflexum* 'Blue Spruce', *Aptenia cordifolia*, *Carpobrotus edulis* vb.) çeşitli renk, doku ve tekstürdeki (renkli veya doğal ağaç yongası, ağaç kabuğu, filler, pomza vb.) malç malzemelerle bütünlleştirilerek desenler oluşturulmasının, peyzajda çeşitlilik yaratma ve görsel kalitenin artırılması mümkündür. Ayrıca mevsimlik bitkilerin ömürleri kısa olduğu için, dönemsel olarak bu türleri değiştirmek hem maliyetli hem de yoğun emek sarf edilmesi açısından zahmetli olmaktadır. Yabancı ot çıkışı engellemek için malç malzemelerin altına naylon ve jüt taban örtüsü gibi materyaller serilmekte, bunlar yerine atık gazetelerin kullanımı geri dönüşümü de sağlayacaktır. Çim biçim artıkları, dökülen yapraklar ve budama artıkları da değerlendirilerek organik malç şeklinde doğru kalınlıkta serilirse, zamanla ayrışarak doğal gübre görevi de üstlenebilecek, aynı zamanda doğaya geri döndürülmüş olacaktır. Malçlamanın, yabancı ot çıkışı önleme, izolasyon sağlama ve su tasarrufu sağlama gibi daha pek çok yararı bulunmaktadır. Peyzaj tasarımlarında çim türleri en çok su tüketen ve bakım isteyen bitki grubu olduğundan, fonksiyonel olarak ihtiyaç dahilinde ise çim kullanılması, bu çimlerin de Akdeniz koşullarına uygun kuraklığa dayanıklı *Cynodon dactylon*, *Zoysia* sp. vb. türlerinin tercih edilmesi gerektiği düşünülmektedir.

"Muğla-Sarıgerme Halk Plajı"nda kurakçıl peyzaj ilkelere uyularak hazırlanan bitkisel tasarım projesinde doğal bitki türlerinin seçilmesine dikkat edilmiş, özellikle su tüketimi yüksek olan çim türleri kullanılmayarak örtü materyali olarak malç uygulamalarını tercih etmişlerdir. Projedeki bitki varlığının yarından fazlasını

oluşturan yer örtücülerin yaklaşık %57,85'inin sukku-lent yapıda olması, toprak yüzeyinden buharlaşmanın engellenmesi ile su tasarrufu ve çevrenin korunması bakımından da oldukça önem teşkil ettiğini belirtmişlerdir (Çöp ve Akat 2021).

Özetle, peyzaj tasarımında iklim değişikliğiyle mücadelede ve uyum kapsamında xeriscape (kurakçıl peyzaj) yaklaşımının uygulanmasıyla yani, bitki seçimlerinde daha fazla bakım gerektiren yabancı yurtlu bitki anlayışından vazgeçilerek, kuraklığa dayanıklı doğal türlerin kullanımı, mevsimlik bitki kullanımının azaltılarak bunun yerine çiçekli çok yıllık otsu türlerin ve renkli yapraklı çalılarının kullanımı, çim alanların mümkün olduğunca azaltılması ya da kuraklığa dayanıklı çim türlerine yer verilmesi, yer örtücü olarak sukku-lent türlerden yararlanılması gibi uygulamalarla başta su olmak üzere doğal kaynakların da korunmasını sağ-layarak, hem iklim dostu hem de ekonomiyi destekleyen alanlar yaratılmasının mümkün olduğu düşünülmektedir.

Xeriscape yani "kurakçıl peyzaj" ifadesi içerisinde yer alan kurakçıl sözcüğü negatif anlam barındırdığı için insanların bu peyzaj yaklaşımına ilk duyduklarında sıcak bakmadığı genellikle kaktüslerden oluşan çöl gibi bir görüntü algısına sahip oldukları araştırmanın arazi aşamasında yüz yüze yapılan anketler neticesinde edinilen bilgilerdendir. Ancak bilgilendirme ve görsel örneklerle bakış açılarının değiştirilebileceği düşünülmektedir. McKenney ve Terry, (1995) araştırmalarında, büyük miktarda su tasarrufu sağlayan kurakçıl peyzaj zihinde genellikle kötü görüldüğü algısından dolayı, çalıştaylar düzenlemiş, sonrasında katılımcıların, kurakçıl peyzaj bilgisi, algısı, tutum ve davranışlarını ölçmüştür. Çalıştayların öncesinde ve sonrasında anketler yapılmış ve katılımcıların kurakçıl peyzaj algısını pozitif yönde etkilediğini belirlemiştir.

Nazemi Rafi ve ark. (2020) İran'ın, Mashhad şehrindeki çalışmalarında bitki kombinasyonları (6 seviye) ve malç tiplerinin (3 seviye) değişkenlik gösterdiği, yaklaşık 16 farklı peyzaj (dikim) tasarımına (az su isteyen su talep edene kadar değişen) yönelik katılımcıların tercihinde peyzaj faktörlerinin etkisini incelemiştir. En çok tercih edilen peyzajların xeric tasarımdaki otsu çiçekli bitkileri içerenler olduğunu tespit etmişlerdir.

Bu araştırma kapsamında Döşemealtı ve Konyaaltı ilçelerinde halkın iklim değişikliği ve mevcut parkların etkilenme durumu hakkındaki farkındalıklarını ölçmek için anket uygulamaları yapılmıştır. Katılımcılardan iklim değişikliğiyle mücadelede yeşil alanlarda hangi

uygulamalar yapılabileceğini sıralamaları istendiği aynı zamanda bilgilendirici ifadelerin kullanıldığı, 8 uygulama arasından ilk üçünü sıralamışlar, her iki ilçe de ilk üçte Yağmur suyu depolanarak peyzaj alanlarının sulamasında kullanılabilir ifadesi yer almıştır. Ayrıca eşit ağırlıklı ortalama da Döşemealtı ilçesi (%20,3) ve Konyaaltı ilçesinde (%20,6) benzer oranlar da bu ifade yer almıştır. Buradan katılımcıların da yeşil alanların sulamasında alternatif ve suyun etkin kullanıldığı çözümlere sıcak baktığı sonucu çıkarılabilmektedir.

Döşemealtı ilçesi (%82,3) ve Konyaaltı ilçesinden (%84,3) ankete katılanlar yüksek oranlarda Antalya'da mevcut parkların iklim değişikliğinden etkilendiğini belirtmiştir. Döşemealtı ilçesi (%77,3) ve Konyaaltı ilçesindeki (%78,8) katılımcılar da benzer ve yüksek oranlarda bitkilerin etkilendiğini belirtmesi, farkındalıklarının yüksek olduğunu göstermektedir. Döşemealtı ilçesindeki katılımcıların %5'i ve Konyaaltı ilçesindeki %5,5'i mevcut parklardaki yapısal elemanların etkilendiğini belirtmiştir. Yapısal peyzaj tasarımı konusunda halkın ve ilgili teknik personelin bilgilendirilmesinin, iklim dostu tasarımlara yönelim, ergonomiklik ve sürdürülebilirlik açısından daha çok ihtiyaç duyulduğu sonucuna ulaşılabilmektedir.

Antalya'daki parklarda yürüme yollarında döşeme malzemesi olarak genellikle, bazalt, beton parke taşı ve asfalt gibi geçirimsiz ve solar enerjiyi absorbe eden koyu renkli yüzeylerin tercih edilmesinin kentsel ısı adası etkisini artırdığı, ayrıca su kaynaklarının yüzeysel akışa geçerek uzaklaşmasına ve yer altı sularının kirlenmesine neden olan bir etken olduğu düşünülmektedir. Parsova (2020)'ya göre bir alanda bulunan binalar, beton ve asfalt yüzeyler emisivite değerini düşürmekte olup, koyu renk yüzeyler ısıyı tutmakta ve yüzey sıcaklığını arttırmakta olup, açık renk yüzeyler ısıyı soğurmakta ve emisivite değerini yükseltmektedirler. Antalya'daki parklarda kentsel ısı adası etkisini azaltmak için sert zemin döşemelerinde ve donatı elemanlarında açık renkli yüzeyler tercih edilirse solar enerjiyi yansıtma özelliğiyle iklimsel konforu ve yaşam kalitesini artıracaktır. Antalya'da spor ve çocuk oyun alanlarının zeminlerinde yumuşak dokusu nedeniyle tercih edilen EPDM kauçuk, SBR ve karo kauçuk gibi malzemelerin sağlık açısından uygun olmadığı için alternatif iklim dostu malzemelerle ilgili Ar-Ge çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle karo kauçuklar yazın ısınınca kötü koku yaymaktadır. Buna ilaveten kauçuk yapıştırıcısı etkisini nispeten yitirince kalkma yapmakta bu da çocukların oyun oynarken takılıp düşmelerine neden olduğu için, düzenli kontrollerinin yapılması gerekmektedir. Çocuk oyun alanı zeminlerinde güvenlik normlarına

uygun, çim/toprak, ağaç kabuğu, odun yongası, kum ve çakıllı kum gibi geçirimli yüzeylerin kullanımının yağmur suyunun yüzeysel akışa geçmesine engelleyeceği için daha çevre dostu ve sürdürülebilir olacağı düşünülmektedir.

Antalya'daki parklarda polietilen malzemenin üretilen çocuk oyun gruplarının yoğunlukta tercih edildiği bunların ise plastik olduğu için doğada yok olma süreleri uzun olması ve yaşam döngüsü de düşünülerek çevre dostu olmadığı düşünülmektedir. Ayrıca, bu oyun grupları sürtünmeden dolayı elektriklenmeye neden olmaktadır. Bunun yerine Akasya veya çeşitli ağaç türlerinden üretilen ahşap oyun grupları daha çevre dostu ve ergonomik tercihler olacaktır. Oturma birimleri ve gölgeleme elemanlarında da çabuk ısınması nedeniyle metal malzeme yerine ahşap donatı elemanları kullanımı daha rasyonel olacaktır. Ahşap malzeme tercihinde de nakliyeden kaynaklanacak karbon ayak izini azaltmak için kentin doğal bitki örtüsünde de bulunan kızılçam kereste tercihinin daha uygun olacağına inanılmaktadır.

Birçok kentte olduğu gibi Antalya'da da, deniz kıyısında olması dikkate alınmadan, geleneksel bakış açısıyla parklarda serinletme ve estetik etkisi temelinde su ögesi kullanılmasının zorunlu olduğu şekilde bir algı bulunmaktadır. Bazı ülkelerde iklim değişikliğine uyum bağlamında su ögeleri kaldırılmıştır. Su kaynaklarımızın azalması, enerji tasarrufu sağlama ve bakımında kullanılan kimyasallar düşünülünce, çevreye bu kadar zararı olan su kullanımının azaltılması gerektiği düşünülmektedir. Ayrıca bunların yapım ve bakımı ekonomik açıdan da oldukça maliyetli olup, bunun yerine yeşil dokunun artırılması doğa ve iklimsel konfor açısından daha yararlı olacaktır.

Antalya parklarında genellikle klasik aydınlatma veya ledli aydınlatmalar kullanılmaktadır. Aydınlatmada alt yapıya kazı-dolguya ihtiyaç duyulmayan, emek tasarrufu sağlayan estetik görünümdeki solar aydınlatma sistemlerinin kullanılmasının güneşlenme süresi ve şiddetinin yüksek olduğu sıcak iklimlerde tercih edilmesinin daha rasyonel ve sürdürülebilir olduğu düşünülmektedir.

Genel olarak, halkın iklim değişikliği ve mevcut parkların etkilenme durumu hakkında belli bir düzeyde bilinç seviyesine sahip olduğu görülmüş, ancak bu oranın daha da artırılması ve uygulamaya geçilmesi için seminer, çalıştay vb. faaliyetler alınmayan daha çevreci bakış açısıyla yürütülecek uygulamalarla ya da çevrimiçi ortamlarda ilgi çekici sosyal medya hesapları ve sosyal medya reklamları gibi uygulamalarla daha çok kişiye ulaşılabileceği düşünülmektedir. Ayri-

ca ilgili kurum ve kuruluşların susuzluğa dayanıklı doğal bitki veya sukkulent bitki dağıtımıyla halkın bu türlere farkındalıklarının artırılacağı, konut bahçelerinde kullanımı ile de yeşil dokunun artırılarak iklim değişikliğine ek katkı sunulabileceği düşünülmektedir.



Sonuç olarak, iklim değişikliğinin negatif etkilerinin sıcak Antalya koşullarında bitkisel ve yapısal tasarımda yenilikçi iklim dostu park tasarımlarına doğru bir dönüşüm sağlanmasıyla hafifletilebileceği bu tasarımların ekolojisi ve iklim değişikliği konusunda teknik donanıma sahip, başta peyzaj mimarı, çevre mühendisi, inşaat mühendisi, elektrik mühendisi gibi konuda uzman teknik kişilerin iş birliği içinde çalışıp, gündemi ve teknolojik gelişmeleri takip etmesi ve uygulamasıyla mümkün olduğu düşünülmektedir. Kente özgü hazırlanan yeşil altyapı yaklaşımıyla parkların konumlarının ve bağlantılarının planlanmasından tasarım aşamasına kadar bütüncül bir yaklaşım ile ilgili meslek disiplinlerindeki uzman kişilerce kolektif biçimde yapılmasının ve halkın da bilinçlendirilerek katılımının sağlanmasıyla yaşanabilir bir dünyaya erişilebileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Ahmed, G.O. (2017). Farklı topraksız yetiştirme ortamlarının bazı Solanaceae sebzelerinin fide kalitesi üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Bingöl. Dergisi, 6, 17-22.
- Atif, M.J., Jellani, G., Malik, M.H.A., Saleem, N., Ullah, H., Khan, M.Z., Ikram, S. (2016). Different growth media effect the germination and growth of tomato seedlings. Science, Technology and Development 35 (3): 123-127.
- Balliu, A., Sallaku, G., Nasto, T. (2018). Nursery management practices influence the quality of vegetable seedlings. Italus Hortus 24 (3), 2017: 39-52.
- Baran, A., Çaycı, G., Öztürk, H.S., Ataman, Y., Özkan, İ. (1996). Farklı ortamlarda yetiştirilen biber bitkisi (*Capsicum annuum* L.)nin kök parametrelerindeki değişimler. Tarım Bilimleri Dergisi, 2 (2): 1-4.
- Costa, E., Durante, L.G.Y., Nagel, P.L., Ferreira, C.R., dos Santos, A. (2011). The quality of eggplant seedlings under different production methods. Revista Ciência Agronômica, 42 (4): 1017-1025.
- Costa, E., Leal, P.A.M., Benett, C., Benett, K.S.S., Salame, L.C.P. (2012). Production of tomato seedlings using different substrates and trays in Three three protected environments. Engenharia Agrícola 32(5):822-830.
- Çaycı, G., Baran, A., Bender, D. (1998). The effects of peat and sand amended spent mushroom compost on growing of tomato. Tarım Bilimleri Dergisi, 4 (2): 27-29.
- Çinkılıç, H. (2008). Farklı organik ve inorganik ortamlarda hıyar fidesi üretimi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 5 (2): 151-158.

- Çolpan, E., Zengin, M., Özbahçe, A. (2013). The effects of potassium on the yield and fruit quality components of stick tomato. *Hort. Environ. Biotechnol.* 54(1):20-28.
- Demir, H., Polat, E., Sönmez, İ., Yılmaz, E. (2010). Effects of different growing media on seedling quality and nutrient contents in pepper (*Capsicum annuum* L. var longum cv. Super Umut F1). *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 8 (3&4): 894-897.
- Demir, H., Polat, E. (2014). Effects of different growing media on seedling quality and nutrient contents in cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata L.). *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 12(2), 1378-1381.
- Demirsoy, M. (2004). Farklı fide ortamlarının domates, biber, patlıcan ve hıyar fidelerinin büyümesine katkılarının etkileri üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Samsun.
- Gomiero, T., Pimentel, D., Paoletti, M.G. (2011). Environmental impact of different agricultural management practices: conventional vs. organic agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 30 (1-2): 95-124.
- Haska, O.J.A., Söylemez, S., Sarhan, T.Z. (2022). Effect of different organic growing mediums and application of biofertilizer in organic seedling production. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 13 (02): 252-263.
- Jeevitha, J., Rajalingam, G.V., Arumugam, T., Sellamuthu, K.M. (2019). Effect of growing media on tomato seedling production. *International Journal of Chemical Studies* 7(4): 319-321.
- Kim, E-Y., Park, S-A., Park, B-J., Lee, Y., Oh, M-M. (2014). Growth and antioxidant phenolic compounds in cherry tomato seedlings grown under monochromatic light-emitting diodes. *Hort. Environ. Biotechnol.* 55(6):506-513.
- Kurtar, E.S. (2013). Float sistemde bazı kışlık sebze türlerinin organik fide üretimi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 23 (2): 83-89.
- Li, R., Hao, H., Sun, H., Wang, L., Wang, H. (2022). Composted rabbit manure as organic matrix for manufacturing horticultural growing media: composting process and seedling effects. *Sustainability* 14 (9): 5146; DOI10.3390/su14095146
- Luqui, L.L., Salles, J.S., Costa, E., Alves, V.C.D., Souza, L.G.P., Vieira, M. T., Salles, J.S., Souza, V.C.M. (2019). Seedlings production and fruit yield of cucumber on different organic substrates. *Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia-MS*, 6 (4): 1-7.
- Manh, V.H., Wang, C.H. (2014). Vermicompost as an important component in substrate: Effects on seedling quality and growth of muskmelon (*Cucumis melo* L.). *APCBEE Procedia*, 8:32-40. Doi: 10.1016/j.apcbee.2014.01.076
- Mathowa, T., Tshipinare, K., Mojeremane, W., Legwaila, G.M., Oagile, O. (2017). Effect of growing media on growth and development of sweet paper (*Capsicum annum* L.) seedlings. *Journal of Applied Horticulture*, 19 (3): 200-204.
- Mininni, C., Santamaria, P., Abdelrahman, H., Cocozza, C., Miano, T., Montesano, F., Parente, A. (2012). Posidonia-based compost as a peat substitute for lettuce transplant production. *Hortscience*, 47 (10): 1438-1444.
- Namal, E. (2019). Fide yetiştiriciliğinde kullanılan farklı ortamların bazı fizikokimyasal özellikleri ile domates fide kalite parametrelerindeki değişimlerin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Antalya.
- Olaria, M., Nebot, J.F., Molina, H., Troncho, P., Lapeña, L., Llorens, E. (2016). Effect of different substrates for organic agriculture in seedling development of traditional species of Solanaceae. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 14(1); 1-7.
- Park, Y., Gómez, C., Runkle, E.S. (2022). Indoor production of ornamental seedlings, vegetable transplants, and microgreens. *Plant Factory Basics, Applications and Advances*, 351-375.
- Pascual, J.A., Ceglie, F., Tuzel, Y., Koller, M., Koren, A., Hitchings, R., Tittarelli, F. (2018). Organic substrate for transplant production in organic nurseries. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 38 (3):1-23.
- Polat, S., Şahin, N., Özdemir, H. (2017). Farklı fide yetiştirme ortamlarının Crimson Sweet karpuz çeşidinde fide kalitesine etkileri. *Akademik Ziraat Dergisi*, 6 (Özel Sayı):47-50
- Ronga, D., Vitti, A., Zaccardelli, M., Pane, C., Caradonia, F., Cardarelli, M., Colla, G., Roupheal, Y. (2021). Root Zone Management for Improving Seedling Quality of Organically Produced Horticultural Crops. *Agronomy* 11 (4): 630; DOI10.3390/agronomy11040630
- Sönmez, İ., Kalkan, H., Demir, H. (2016). Effects of spent mushroom compost on seedling quality and nutrient contents of eggplant (*Solanum melongena*) grown in different growing media. *Acta Hort.* 11 (1): 403-408.
- Tan, E. (2014). Organik fide üretimine uygun yetiştirme ortamlarının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, İzmir.
- Tuzel, Y., Öztekin, G.B., Tan, E. (2015). Use of different growing media and nutrition in organic seedling production. XXIX International Horticultural Congress on Horticulture: Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes (IHC2014): International Symposium on Innovation and New Technologies in Protected Cropping, December 23, 2015, Brisbane, Australia, Book of Proceedings, 165-175.
- Tüzel, Y., Öztekin, G., Tüzel, İ.H., Duyar, H. (2020). Growing media in organic seedling production, *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 57 (4): 603-610.
- Ünal, M. (2013). Effect of organic media on growth of vegetable seedlings. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 50 (3): 517-522.
- Variş, S., S. Altıntaş, H. Çinkılıç, P. S. Koral, S. J. Butt ve L. Çinkılıç, 2004. Öğütülmüş Cibrecüruf (ÖCC) Harcı. *Hasad Dergisi*, 234:26-34.
- Yılmaz, C., Sırça, E., Özer, H., Pekşen, A. (2018). Agaricus ve Pleurotus atık mantar kompostlarının domates fide üretiminde yetiştirme ortamı olarak kullanımı. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 5 (3): 229-235.

DNA Sequence Based Molecular Identification of *Eustrongylides excisus* Larvae in *Sander Lucioperca* from Lake Eğirdir

Kevser ÖZTÜRK , Mehmet Oğuz ÖZTÜRK 

Afyon Kocatepe University, Science and Literature Faculty, Department of Molecular Biology and Genetics, Afyonkarahisar-Turkey

Geliş Tarihi (Received): 23.10.2023, Kabul Tarihi (Accepted): 28.12.2023

✉ Sorumlu Yazar (Corresponding author*): oozturk@aku.edu.tr

☎ +90 272 2281326 📠 +90 272 2181935

ABSTRACT

In this study, 926-954 bp partially distinct nucleotide sequences which belong to the 18S and 28SrDNA gene loci from 3 *Eustrongylides excisus* samples were identified as identical and registered in GenBank (OP480437-39). Nucleotide values in 18S and 28S rDNA gene sequences of *Eustrongylides excisus* samples were defined respectively: 26.94% 27.26 A; 26.78%-26.84% T; 28.30-28.62% G; 17.39-17.92% C. According to the sequence dataset distance matrix obtained by the Pairwise comparison method, there was a complete agreement (0%) between the *Eustrongylides excisus* isolates identified in this study (OP480437-39) and the *Eustrongylides excisus* isolate registered in the GenBank (MK007967, MT415236, MK545494). The *Eustrongylides excisus* isolates were collected in the same cluster in Maximum likelihood filogram analysis. The internal transcribed spacer (ITS) region gene sequence results of the isolates confirmed the taxonomic position of *Eustrongylides excisus*, which was defined according to its anatomical and morphological features. More, 18S and 28S rDNA gene sequences were defined for the first time in this study on 3 samples of *Eustrongylides excisus* species in Lake Eğirdir, and contributions were made to the determination of genetic characteristics of the species.

Keywords: *Eustrongylides excisus*, DNA sequencing, *Sander lucioperca*

Eğirdir Gölü'nden *Sander Lucioperca*'daki *Eustrongylides excisus* Larvalarının DNA Dizisi Tabanlı Moleküler Tanımlaması

ÖZ

Bu çalışmada, 3 *Eustrongylides excisus* örneğinden 18S ve 28SrDNA gen lokuslarına ait 926-954 bp kısmi belirgin nükleotid dizileri özdeş olarak tanımlanmış ve GenBank'ta kayıt altına alınmıştır (OP480437-39). *Eustrongylides excisus* örneklerinin 18S ve 28SrDNA gen dizilerindeki nükleotid değerleri tanımlanmıştır: % 26,94-27,26 A; %26,78-26,84 T; % 28,30-28,62 G; % 17,39-17,92 C. Pairwise comparison metodu ile elde edilen dizi veri kümesi mesafe matrisine göre, bu çalışmada tanımlanan *Eustrongylides excisus* izolatları (OP480437-39) ile GenBank'ta kayıtlı *Eustrongylides excisus* izolatları (MK007967, MT415236, MK545494) arasında tam bir uyum görülmüştür (%0,0). Bu *Eustrongylides excisus* izolatları Maximum likelihood filogram analizinde aynı kümede toplanmıştır. İzolatların internal transkripsiyonlu ayırıcı (ITS) bölgesi gen sekansı sonuçları, *Eustrongylides excisus*'un anatomik ve morfolojik özelliklerine göre tanımlanan taksonomik konumunu doğrulamıştır. Ayrıca, Eğirdir Gölü'ndeki *Eustrongylides excisus* türüne ait 3 örnek üzerinden 18S ve 28SrDNA gen dizileri ilk defa bu çalışmada tanımlanmış ve bu türe ait genetik özelliklerin belirlenmesi çalışmalarına katkı yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Eustrongylides excisus*, DNA sekanslama, *Sander lucioperca*

INTRODUCTION

Eustrongylides spp, which includes several parasitic species, is distributed in wide geographical areas including North and South America, Europe, East Africa and Asia. Three valid species are accepted in the genus *Eustrongylides*, *E. tubifex*, *E. ignotus* and *E. excisus* (Moravec et al., 2003).

Currently, molecular analyses using sequencing of the Internal transcribed spacer (ITS rDNA) and mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I (mtCOI DNA) regions have proven useful for accurate identification of *Eustrongylides* spp at the larval and adult level (Abe, 2011; Xiong et al., 2013; Guardone et al., 2021). In this context, Mazzone et al. (2019) identified both adults and L4 larval stages of *Eustrongylides excisus* with ITS array-based molecular methods along with anatomical and morphological descriptions. Similarly, Pekmezci and Bolukbas (2021) reported the results of binary genetic distance analysis based on ITS regions of *Eustrongylides excisus* specimens at the L4 stage larvae by Mazzone et al. (2019) with the adult *Eustrongylides excisus* specimens and concluded that they belong to the same taxon.

In this study; The taxonomic positions of the samples of *Eustrongylides excisus* at the Larval-4 stage recorded in *Sander lucioperca* from Lake Eğirdir were defined using sequence data of 18S and 28SrDNA loci. The sequence data of *Eustrongylides excisus* samples, which were the research material, were analyzed for compatibility with *Eustrongylides excisus* isolates in the NCBI database. The obtained results will contribute to, it will contribute to revealing the genetic characteristics of the *Eustrongylides excisus* species on a local and global scale.

MATERIAL AND METHOD

Material

Lake Eğirdir is located within the Mediterranean Region, between 37°50'-38°16' north latitudes and 30°57'-30°44' east longitudes. The Lake, located within the borders of Isparta province in the south of Türkiye, is Türkiye's fourth-largest lake and also the second-largest freshwater lake with an area of 457 km². The height of the lake is 918 m above sea level and its average depth is 8 meters. Eğirdir Lake, located in the Lakes Region, has a length of 50 km in the north-south direction, a coastline of 150 km, 16 km at its widest area (Kaptan and Özan, 2014).

Eustrongylides excisus specimens, were collected from 15 *Sander lucioperca* caught from Lake Eğirdir. These nematodes were removed from the fish's abdominal peritoneum and identified by stereo microscopy using cephalic papilla and similar anatomical and morphological features according to the (Moravec, 1994). Parasitic worms were fixed in 70% ethanol for DNA extraction.

Method

Samples in 70% ethanol were used for the extraction of *Eustrongylides excisus* DNA. For this, EurX Gene MATRIX Tissue and Bacterial DNA isolation kit (Poland) were used. DNA isolation was carried out according to the methodology established by Koehler et al. (2009).

Total DNA was suspended in nuclease-free ultrapure water. DNA concentration and purity for each sample were measured by spectrophotometry using NanoDrop ND 2000 (ThermoScientific, Wilmington, USA) at absorbance wavelength ratios of 260/280 nm and 260/230 nm, respectively. DNA integrity was evaluated by agarose gel electrophoresis and 1.5% ethidium bromide staining. DNA isolates were stored at -20 °C (Koehler et al., 2009).

One-step PCR was performed to amplify the approximately 700 base regions of 18S and 28S rDNA. The PCR reaction was carried out with Solis Biodyne (Estonia) FIREPol® DNA Polymerase Taq polymerase enzyme. 18SF and 28SR primers were used for the targeted 18SrDNA and 28SrDNA regions in the PCR study (Table 1).

It was confirmed that the band size of the PCR products belonged to the desired gene regions by comparison with the DNA standard criterion. During the purification phase of the PCR product, the MAGBIO "High Prep™ PZR Clean-up System" (AC-60005) purification kit was used for the single band samples obtained and purified by following the kit procedures. DNA bands were cut from the gel and purified with the help of EurXGeneMATRIX Agarose Out DNA purification kit (Poland). Next, bidirectional sequencing was performed using the same primers as the ABI PRISM 3130xl automated sequencer (Applied Biosystems), Macrogen (Amsterdam, The Netherlands)'s BigDye Terminator v3.1 Loop Sequencing kit. The obtained sequences were registered in the GenBank database with accession numbers OP480437, OP480438 and OP480439.

DNA Sequence Based Molecular Identification of *Eustrongylides excisus* Larvae in *Sander Lucioperca* from Lake Eğirdir**Table 1.** Primers used for amplification and sequencing of 18S and 28S rDNA gene locus of *Eustrongylides excisus* samples

| Target gen | Primers | Sequences (5'-3') | Reference |
|------------|---------|---------------------|--------------------|
| 18S, 28S | 18SF | TTGGATGATTCGGTGAGGT | Xiong et al., 2013 |
| rDNA | 28SR | AACCGCTTAGTAATATGCT | |

The resulting raw sequence was evaluated for quality score ($Q \geq 20$) before combining data (Kearse et al., 2012). The sequences were then compared with reference *Eustrongylides excisus* sequences in the NCBI BLAST database environment (Altschul et al., 1990). Confirmed ITS sequences were aligned using Clustal-X. Alignments were visually inspected in Seaview. Pairwise estimates of variations between isolate sequences were calculated using the Kimura two-parameter (K2P) model on the MEGA X base (Kumar et al., 2018). 18S and 28SrDNA sequences were used in phylogenetic analysis (Table 2).

The maximum Likelihood method (ML) was used for phylogenetic analysis (Tamura et al., 2004). *Pellioditis marina* was used as the outgroup. Bootstrap analysis was performed with 1,000 replicates to evaluate the

support of each branch in the tree. Values of 70% and above were taken as significant.

RESULTS AND DISCUSSION

Results

Eustrongylides excisus samples were found in 3 of the 15 *Sander lucioperca* examined within the scope of the research. The body weight values of the host fish samples were between 20.1-39.2 g and the length were between 13.0-17.7 cm. Specimens of the larval *Eustrongylides excisus* were recorded in the peritoneum of the host fishes. Redness and necrosis findings were observed in the peritoneal tissue where the parasites were found.

Table 2. Data of *Eustrongylides* sp. isolates used in phylogram analysis

| Species | Locality | Gen locus | NCBI Numbers | References |
|---|-----------------------------------|---------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| <i>Eustrongylides excisus</i> | Eğirdir Lake, Türkiye | 18S, 5.8S, 28S rDNA | OP480437 OP480438 OP480439 | This study |
| <i>Eustrongylides excisus</i> | Derbent Dam Lake, Samsun, Türkiye | 18S, 5.8S, 28S rDNA | MK007967 | Pekmezci and Bolukbas, 2021 |
| <i>Eustrongylides</i> sp. | Freidoonkenar, Mazandaran, Iran | 18S, 5.8S, 28S rDNA | KU963206 | Youssefi et al., 2020 |
| <i>Eustrongylides</i> sp. | Yangtze River, Hubei, China | 18S, 5.8S, 28S rDNA | GQ215501 | Xiong et al., 2013 |
| <i>Eustrongylides excisus</i> | Trasimeno Lake, Italy | 18S, 5.8S, 28S rDNA | MK545493 | Mazzone et al., 2019 |
| <i>Eustrongylides excisus</i> | Massaciucoli Lake, Lucca, Italy | 18S, 5.8S, 28S rDNA | MT415236 | Guardone et al., 2021 |
| <i>Eustrongylides ignotus</i> | Norman, Oklahoma, USA | 18S rDNA | EU394732 | Koehler et al., 2009 |
| <i>Pellioditis marina</i> -Out group | Sudbury, Ontario, Canada | mtCOI | EU394733 | Guardone et al., 2021 |

Eustrongylides excisus specimens in the larval stage have a thick filamentous shape. It is covered by a thick cuticle with transverse stripes on the body surface. There are 12 cephalic papillae in two rows at the anterior end. All of the *Eustrongylides excisus* specimens recorded in this study were female. The body measured 23.6-32.3 (27.4) mm long and 9.6-1.3 (1.2) mm

wide. The esophagus were 3.10-5.59 (4.23) mm long. The papillae were arranged throughout the body, lateral over the cuticle. The posterior tip was cup-shaped. The genitals were located on the posterior side of the body. The vulva opened out from the edge of the anus at the posterior terminal.

DNA Sequence Based Molecular Identification of *Eustrongylides excisus* Larvae in *Sander Lucioperca* from Lake Eğirdir

During the study, 18S and 28S rDNA gene loci of 4 *Eustrongylides excisus* samples collected from *Sander lucioperca* fish in Lake Eğirdir were identified. A single profile and reliable bands of the locus were recorded. Band size was determined as 926, 954 and 950 bp. The nucleotides of its locus were directly sequenced from each sample and registered in GenBank (OP480437-39). While the lowest A+T value in the 18S and 28S rDNA gene locus of the 3 isolates that were not recognized in this study was observed in the isolate Eig2 (OP480438), the highest A+T ratio was found in Eig3 (OP480439). The lowest G+C event is in the Eig3 (OP480439) sample. On the other hand, the highest G+C values were recorded in the samples Eig2 (OP480438) and Eig1 (OP480437) (Table 3).

The nucleotide sequences at the 18S and 28S rDNA loci of the three *Eustrongylides excisus* samples showed a perfect match among themselves in terms of diversity and no variation was found. The sequences of these 3 isolates also showed complete similarity with the closest isolate (MK007967) on NCBI. So, it has been determined that the existing isolates belong to the same taxon (Table 4). In addition, no haplotype variation was found among the nucleotide sequences in the 18S and 28S rDNA location of the present *Eustrongylides excisus* isolates. And thus, the haplotype (gene) diversity (Hd) value was found to be "0" (Table 4).

Table 3. Percentage values (%) of A, T, G, C nucleotides at 18S and 28S rDNA locus of *Eustrongylides excisus* samples

| References | GenBank No | A (%) | T (%) | G (%) | C (%) |
|----------------------------|------------|-------|-------|-------|-------|
| This study, Eig1 | OP480437 | 27,21 | 26,78 | 28,62 | 17,39 |
| This study, Eig2 | OP480438 | 26,94 | 26,83 | 28,30 | 17,92 |
| This study, Eig3 | OP480439 | 27,26 | 26,84 | 28,32 | 17,58 |
| Xiong et al. 2013 | GQ215501 | 27,77 | 27,27 | 27,87 | 17,08 |
| Mazzone et al. 2019 | MK545495 | 27,73 | 26,60 | 28,11 | 17,57 |
| Youssefi et al. 2020 | KU963206 | 27,87 | 26,91 | 27,87 | 17,34 |
| Guardone et al. 2021 | MT415237 | 27,67 | 26,54 | 28,18 | 17,61 |
| Pekmezci and Bolukbas 2021 | MK007967 | 27,23 | 26,81 | 28,27 | 17,70 |

Table 4. Nucleotide variation and percentage values (%) at the 18S and 28S rDNA locus of *Eustrongylides excisus* samples (based on MK007967 reference isolate)

| Sample No | GenBank No | Number of nucleotide variations and (%) | Positions and names of Variated Nucleotides |
|-----------|------------|---|---|
| Eig1 | OP480437 | 0 | - |
| Eig2 | OP480438 | 0 | - |
| Eig3 | OP480439 | 0 | - |

In this study, *Eustrongylides excisus* isolates (OP480437-39) and *Eustrongylides* spp isolates in the GenBank database were compared in pairwise analysis (%) over 18S and 28S rDNA nucleotide sequences. First of all, the 3 isolates of this study (OP480437-39) showed perfect agreement among themselves. Similarly, a complete agreement was determined between our 3 isolates (OP480437-39) and MT415236 and MK545494 *Eustrongylides excisus* isolates. However, among our isolates numbered OP480437-39, the taxa that are located at long distances, provided that they are within the intraspecific distance limit values, are GQ215501 and KU963206 *Eustrongylides* sp isolates, respectively. Significantly, a different species-level distance was defined between *Eustrongylides excisus*

isolates and *Eustrongylides ignotus* (EU394732). *Diocotophyme renale* (EU394733) was used as the outgroup in this analysis (Table 5).

Phylogram analysis was performed using the Maximum Likelihood (ML) method using the 18S and 28S rDNA gene sequences of the *Eustrongylides excisus* isolates obtained in this study (OP480437-39) and *Eustrongylides* spp in the GenBank database. As a result of this analysis, *Eustrongylides excisus* isolates and *Eustrongylides ignotus* as a different species strongly supported the formation of phylogenetic trees with a separation value of 99%. In the phylogram, OP480437-39 and MK007967 isolates from *Eustrongylides excisus* isolates obtained in the current

DNA Sequence Based Molecular Identification of *Eustrongylides excisus* Larvae in *Sander Lucioperca* from Lake Eğirdir

study showed the closest positioning among themselves. This positioning was followed by the other isolates (KU963206, MK545493, MT415236). On the other hand, *Eustrongylides* sp. isolates GQ215501, GQ215539 and GQ215514 were located further to the present isolates. Moreover, while isolates GQ215544,

GQ215547, and GQ215567 formed a group among themselves, isolate MK650418 was located in a single branch. As AM398823 *Pellioditis marina* is an outgroup, it formed a different branch in the tree (Figure 1).

Table 5. Pairwise analysis data of *Eustrongylides* spp. samples according to 18S and 28S rDNA locus sequences.

| | OP480437.1 <i>E. excisus</i> | OP480438.1 <i>E. excisus</i> | MK007967.1 <i>E. excisus</i> | OP480439.1 <i>E. excisus</i> | GQ215501.1 <i>Eustrongylides</i> sp. | KU963206.1 <i>Eustrongylides</i> sp. | MT415236.1 <i>E. excisus</i> | MK545494.1 <i>E. excisus</i> | EU394732.1 <i>E. ignotus</i> | EU394733.1 Di- octophyme re- nale -Diş grup |
|---|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--|--|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--|
| OP480437.1 <i>Eustrongylides excisus</i> | | | | | | | | | | |
| OP480438.1 <i>Eustrongylides excisus</i> | 0,000 | | | | | | | | | |
| MK007967.1 <i>Eustrongylides excisus</i> | 0,000 | 0,001 | | | | | | | | |
| OP480439.1 <i>Eustrongylides excisus</i> | 0,000 | 0,003 | 0,003 | | | | | | | |
| GQ215501.1 <i>Eustrongylides</i> sp. | 0,026 | 0,030 | 0,027 | 0,027 | | | | | | |
| KU963206.1 <i>Eustrongylides</i> sp. | 0,004 | 0,004 | 0,005 | 0,005 | 0,033 | | | | | |
| MT415236.1 <i>Eustrongylides excisus</i> | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,027 | 0,000 | | | | |
| MK545494.1 <i>Eustrongylides excisus</i> | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,024 | 0,000 | 0,000 | | | |
| EU394732.1 <i>Eustrongylides ignotus</i> | 1,354 | 1,362 | 1,344 | 1,359 | 1,413 | 1,390 | 1,409 | 1,408 | | |
| AM398823.1 <i>Pellioditis marina</i> | | | | | | | | | | |
| -Out group | 1,363 | 1,363 | 1,363 | 1,363 | 1,429 | 1,363 | 1,363 | 1,363 | 1,812 | |

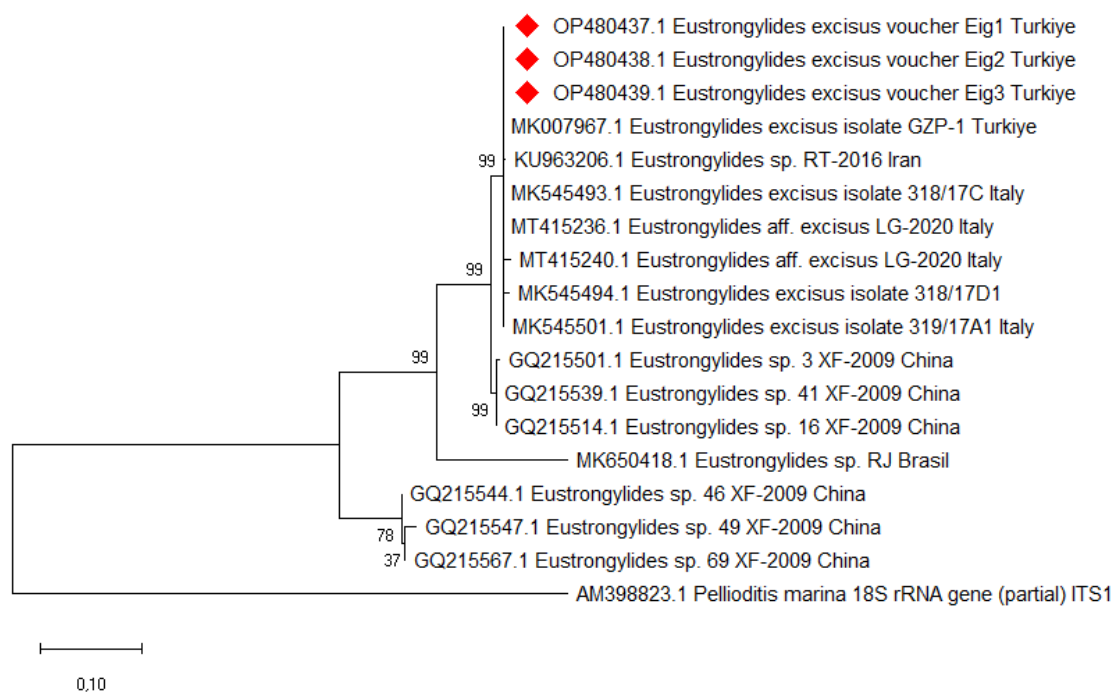
DNA Sequence Based Molecular Identification of *Eustrongylides excisus* Larvae in *Sander Lucioperca* from Lake Eğirdir

Figure 1. Maximum likelihood (ML) tree based on 18S and 28S rDNA locus sequence data of *Eustrongylides* spp samples from the current study and the GenBank database

Discussion

Various fish species are paratenic hosts for *Eustrongylides excisus* in the taxon Dioctophymatidae (Spalding et al., 1993). *Eustrongylides excisus* larvae cause various pathogenic phenomena in fish species which serve as intermediate hosts. Findings such as large scars, lesions, and kidney damage were observed in the tissues where these nematode larvae were found (Spalding et al., 1993; Bjelić-Čabrilo et al., 2013). In addition, it has been reported that this parasite causes hyperemia, oedema, mild bleeding, inflammatory reactions, hyperemia in mesenteric vessels, external nodules, and necrosis in muscles (Innal et al., 2019; Youssefi et al., 2020). Tissue thickening, nodules, and redness were observed in the peritoneum of infected host fish in this study.

Sander lucioperca is an important commercial fish species in Türkiye and is widely used in traditional cuisine (Balık et al., 2006; Çelik et al., 2005; Çağlak and Karslı, 2013; İlhan and Sarı, 2013). Similarly, it has commercial importance in countries such as Croatia, Greece, Spain, and Italy (Maci and Basset, 2010). Recently, the preference for raw or undercooked fish as food is a rising trend. Therefore, parasitological monitoring of *E. excisus* is important for public health (Eiras et al.,

2018). Cases such as gastritis and intestinal tract infection and outgrowth of parasites have been described in humans eating raw or undercooked fish containing *Eustrongylides* nematodes (Ibiwoye et al., 2005). In support of these data, *Eustrongylides excisus* can be defined as a potentially dangerous parasite for public health in Türkiye due to its wide distribution in various freshwater fish and the increase in the preference for eating undercooked or raw fish in recent years.

Anatomical and morphological structures of the current research samples were examined in terms of their diagnostic features (caudal morphology, caudal and anterior papilla features, nerve ring and esophagus, and vulva). The anatomical and morphological features of *Eustrongylides excisus* specimens examined in this study showed complete similarity with the data of other researchers who studied this species (Measures, 1988; Mazzone et al., 2019; Pekmezci and Bolukbas, 2021).

In Türkiye, *Eustrongylides excisus* has been recorded in various fish species according to their anatomical and morphological features: *Gobius fluviatilis* (Öztürk et al., 2001), *Perca fluviatilis* (Soylu, 2013), *Atherina boyeri* (Çolak, 2013), *Sander lucioperca* (Metin et al., 2014; Özmen et al., 2021; Tanrikul et al., 2019), *Aphanius transgrediens* (Innal et al., 2019).

DNA Sequence Based Molecular Identification of *Eustrongylides excisus* Larvae in *Sander lucioperca* from Lake Eğirdir

The first molecular study in Türkiye to describe *Eustrongylides excisus* from *Sander lucioperca* on ITS, SSU rRNA, and COI sequences was carried out by Pekmezci and Bolukbas, (2021). This is the second study in Türkiye to identify the *E. excisus* species recorded from *Sander lucioperca* in Lake Eğirdir using a molecular tool based on the 18S and 28S rDNA locus.

The base value ratios in the sequences at the 18S and 28S rDNA locus of the *Eustrongylides excisus* samples examined in the present study were defined. Among these samples, the lowest A+T value was observed in isolate Eig2 (OP480438), while the highest A+T ratio was found in Eig3 (OP480439). While the lowest G+C phenomenon was Eig3 (OP480439), the highest G+C value was recorded in Eig2 (OP480438) and Eig1 (OP480437) samples.

In addition, a great similarity was found between the A, T, G, C, % values at the 18S and 28S rDNA locus of *Eustrongylides excisus* isolates identified by former researchers (Xiong et al., 2013; Mazzone et al., 2019; Youssefiet al., 2020; Guardone et al., 2021; Pekmezci and Bolukbas, 2021) and the distribution ratios of the bases in the 18S and 28S rDNA sequence of the isolates examined in this study. The great similarity between the base distribution ratios can be considered strong evidence showing the common ancestral homology of these isolates.

No variation was found between the 18S and 28S rDNA locus nucleotides of the three isolates (OP480437-OP480439) identified during the research process. Thus, it was determined that these isolates belong to the same taxon according to the sequence data of this locus. More, according to pairwise genetic distance analysis, 100% identity was defined between the 18S and 28S rDNA sequences (OP480437-39) of *Eustrongylides excisus* larvae identified in this study and the sequences of *Eustrongylides excisus* isolates MT415236 and MK545494 from Italy (Mazzone et al., 2019; Guardone et al., 2021). A difference of 0.1% was found with *Eustrongylides* spp isolate (MK007967) from Türkiye (Pekmezci and Bolukbas, 2021). 0.4% variation was also seen with 18S rDNA sequences (KU963206) of the same species identified from Iran (Youssefi et al., 2020). However, genetic variation among 18S rDNA sequences of *Eustrongylides excisus* isolate GQ215501 identified by Xiong et al. (2013) (China) is greater, 0.26%. Variation values between isolates showed that these samples represent the same taxon. In addition, it was determined that the sequence variation among *Eustrongylides excisus* isolates increased as the geographic isolation distance increased.

As a result of the maximum likelihood analysis, it was observed that *Eustrongylides excisus* isolates (OP480437-39) and other *Eustrongylides excisus* isolates (MK007967, KU963206, MK545493, MT415236, MT415240) obtained in the present study clustered on a monophyletic branch with a bootstrap value of 99%. The results showed that the 18S and 28S rDNA locus can be successfully used to identify the relevant nematode species in phylogenetic studies. The 18S and 28S rDNA gene sequence of *Eustrongylides excisus* isolates (OP480437-39) was not different from the MK007967 *Eustrongylides excisus* isolate and was located in the nearest branch. *Eustrongylides excisus* specimens at the larval 4 stages examined in this study showed exact matches with the 18S and 28S rDNA sequence of the *Eustrongylides excisus* isolate (MK007967, MK545493, MT415236). This result confirmed that our research samples belong to the genus *Eustrongylides excisus* genetically according to the 18S and 28S rDNA locus. Pekmezci and Bolukbas (2021) stated that the exact and correct identity of larval nematodes can be identified through genetic sequences if they show the same or very high similarity rates with well-defined adult nematode sequences. The present study results also supported this view.

CONCLUSION

In conclusion, with this study, the 18S and 28S rDNA gene sequence of the parasite *Eustrongylides excisus* in *Sander lucioperca* collected from Lake Eğirdir in Türkiye was identified for the first time. The 18S and 28S rDNA sequence of 3 *Eustrongylides excisus* specimens confirmed its taxonomic position by identifying it according to morphological structure and molecular data. *Eustrongylides excisus* isolates examined in the present study showed complete identity among themselves in terms of the gene sequence. These valid genetic data contributed to the establishment of the phylogenetic relationships of *Eustrongylides* species, the creation of the DNA barcode library of *Eustrongylides excisus*, and its taxonomic origin. In addition, further studies using the same genetic markers are needed to examine genetic variability and population genetic structure in larvae and adults of *Eustrongylides* species in Türkiye.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by Afyon Kocatepe University Scientific Research Projects Unit within the scope of project number 21.Fen.Bil.25.

DNA Sequence Based Molecular Identification of *Eustrongylides excisus* Larvae in *Sander lucioperca* from Lake Eğirdir

REFERENCES

- Abe, N. (2011). Molecular and morphological identification of helminthes found in Japanese smelt, *Hypomesus transpacificus nipponensis*, with notes on new host records of *Eustrongylidesignotusand Raphidascaaris gigi*. *Acta Parasitologica*, 56:227–231.
- Altschul, S.F., Gish, W., Miller, W., Myers, E.W., Lipman, D.J. (1990). Basic local alignment search tool. *J Mol Biol*, 215: 403–410.
- Balık, İ., Çubuk, H., Özkök, R., Uysal, R. (2006). Eğirdir Gölü balık faunası ve balıkçılığı: sudak balığının (*Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758)) aşılındığı 1950'li yıllardan günümüze değişimler, I. Balıklandırma ve Rezervuar Yönetimi Sempozyumu, 105-118, Antalya.
- Bjelić-Čabrilo, O., Novakov, N., Ćirković, M., Kostić, D., Popović, E., Aleksić, N., vd. (2013). The first determination of *Eustrongylides excisus* Jägerskiöld, 1909, Larvae (Nematoda: Dioctophymatidae) in the pike-perch *Sander lucioperca* in Vojvodina (Serbia). *Helminthologia*, 50:291–294.
- Çağlak, E. and Karşlı, B. (2013). Beyşehir gölü sudak (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758) balıklarının mevsimsel et verimi ve kimyasal kompozisyonu. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 9(1): 1-8.
- Çelik, M., Diler, A., Küçükgülmez, A. (2005). A comparison of the proximate compositions and fatty acid profiles of zander (*Sander lucioperca*) from two different regions and climatic conditions. *Food Chemistry*, 92(4): 637-641.
- Çolak, S.Ö. (2013). The helminth community of the sand smelt (*Atherina boyeri* Risso, 1810) from Lake Iznik, Turkey. *J Helminthol*, 87: 129-34.
- Eiras, J.C., Pavanelli, G.C., Takemoto, R.M., Nawa, Y. (2018). An overview of fish-borne nematodiasis among returned travelers for recent 25 years—unexpected diseases sometimes far away from the origin. *Korean J Parasitology*, 56: 215.
- Guardone, L., Ricci, E., Susini, F., Polsinelli, E., Guglielmone, G., Armani, A. (2021). First detection of *E. excisus* (Nematoda: Dioctophymatidae) in big-scale sand smelt (*Atherina boyeri*) from the lake Massaciuccoli (Northwest Tuscany, Italy). *Parasitology Research*, 109: 769–780.
- Ibiwoye, T.T.I., Ogunsusi, R.A., Balogun, A.M., Agbontale, J.J. (2005). Contributions of haematological factors to the estimations of *Eustrongylides africanus* larvae densities in *Clarias gariepinus* and *Clarias anguilaris* from Bida flood plain of Nigeria. *Sokoto Journal of Veterinary Sciences*, 6: 145-149.
- Innal, D., Yıldırım, M., Stavrescu-Bedivan, M.M., Güçlü, S.S., Ünal, M.C., Doğangil, B. (2019). Occurrence and infection dynamics of *Salsuginus* sp. (Monogenea, Ancyrocephalidae) and *Eustrongylides excisus* (Nematoda, Dioctophymatidae) in four endemic *Aphanius* (Cyprinodontidae) species: new host records for Turkish fauna. *Acta Biologica Turcica*, 32(2): 103-109.
- İlhan, A. and Sarı, H.M. (2013). Fish fauna and fisheries activities in Lake Marmara. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 30(4): 187–191.
- Kaptan, H. and Tekin-Özan, S. (2014). Eğirdir Gölü'nün (İsparta) suyunda, sedimentinde ve gölde yaşayan sazın (*Cyprinus carpio* L., 1758) bazı doku ve organlarındaki ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. *SDU Journal of Science*, (E-Journal) 9(2): 44-60.
- Kearse, M., Moir, R., Wilson, A., Stones-Havas, S., Cheung, M., Sturrock, S. (2012). Geneious Basic: an integrated and extendable desktop software platform for the organization and analysis of sequence data. *Bioinformatics*, 28: 1647–1649.
- Koehler, A.V.A., Hoberg, E.P., Torres-Pérez, F., Cook, J.A. (2009). A molecular view of the superfamily Dioctophymatoidea (Nematoda). *Comparative Parasitology*, 76(1): 100–104.
- Kumar, S., Stecher, G., Li, M., Knyaz, C., Tamura, K. (2018). MEGA X: Molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. *Molecular Biology and Evolution*, 35: 1547-1549.
- Maci, S. and Basset, A. (2010). Spatio-temporal patterns of abundance, size structure and body condition of *Atherina boyeri* (Pisces: Atherinidae) in a small non-tidal Mediterranean lagoon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 87: 125–134.
- Mazzone, A., Caffara, M., Gustinelli, A., Agnelli, F., Sgariglia, E., Lo Vaglio, G. (2019). Morphological and molecular characterization of larval and adult stages of *Eustrongylides excisus* (Nematoda: Dioctophymatoidea) with histopathological observations. *J Parasitology*, 105(6): 882–889.
- Measures, N. (1988). Revision of the genus *Eustrongylides* Jägerskiöld, 1909 (Nematoda: Dioctophymatoidea) of piscivorous birds. *Canadian J. Zoology*, 66: 885-895.
- Metin, S., Didinen, B.I., Boyacı, Y.Ö., Kubilay, A., Emre, N., Didinen, H., Emre, Y. (2014). Occurrence of *Eustrongylides excisus* Jägerskiöld 1909 larvae (Nematoda: Dioctophymatidae) in pikeperch (*Sander lucioperca*, L.) in Lake Eğirdir. *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 10(1): 20-24.
- Moravec, F. (1994). Parasitic nematodes of freshwater fishes of Europe. Kluwer Academic Publisher, 470p.
- Moravec, F., Nie, P., Wang, G.T. (2003). Some nematodes of fishes from central China, with the redescription of *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *fulvidraconis* (Camallaniidae). *Folia Parasitologica*, 50: 220–230.
- Ozmen, O., Stavrescu-Bedivan, M.M., Innal, D. (2021). Histopathological aspects caused by nematod parasite *Eustrongylides excisus* observed in some fish species of Eğirdir Lake, Turkey. *Agro Life Scientific Journal*, 10(1): 172-178.
- Ozturk, O.M., Oğuz, M.C., Altunel, F.N. (2001). Manyas Gölündeki kaya balıkları (*Gobius fluviatilis* L.)'nin metazoan parazitleri üzerine bir araştırma ve Türkiye helminth faunası için iki yeni kayıt. *Türkiye Parazit Dergisi*, 25: 88-93.
- Pekmezci, G.Z. and Bolukbas, C.S. (2021). Morphological and molecular characterization of *Eustrongylides excisus* larvae (Nematoda: Dioctophymatidae) in *Sander lucioperca* (L.) from Northern Turkey. *Parasitology Research*, 120: 2269–2274.
- Soylu, E. (2013). Metazoan Parasites of Perch *Perca fluviatilis* L. From Lake Sığırcı, Ipsala, Turkey. *Pakistan J Zoology*, 45(1): 47-52.

DNA Sequence Based Molecular Identification of *Eustrongylides excisus* Larvae in *Sander Lucioperca* from Lake Eğirdir

- Spalding, M.G. (1990). Antemortem diagnosis of Eustrongylidosis in wading birds (Ciconiiformes). *Colonial Waterbirds*, 13(1): 75–77.
- Tamura, K., Nei, M., Kumar, S. (2004). Prospects for inferring very large phylogenies by using the neighbor-joining method. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)* 101, 11030-11035.
- Tanrıkul, T.T., Dinçtürk, E., Dereli, H. (2019). The infection of *Eustrongylides* spp. in pike perch (*Sander lucioperca* L., 1758) (Teleostei: Percidae). *Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 4(2): 122-126.
- Xiong, F., Wang, G.T., Wu, S.G., Nie, P. (2009). Development of *Eustrongylides ignotus* (Nematoda: Diocetophmida) in domestic ducks (*Anas platyrhynchos domestica* (L.)). *The Journal of Parasitology*, 95: 1035–1039.
- Youssefi, M.R., Tabaripour, R., Hosseini, M. (2020). Molecular characterisation and histopathological study of *Eustrongylides excisus* nematode in the northern pike (*Esox lucius*). *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 26(1): 81-88.
-

Buji İle Ateşlemeli Bir Motorda Benzoiltiyöüre Türevi Yakıt Katkısının Motor Performansı ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin İncelenmesi

Sertaç COŞMAN 

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 15030, Burdur, Türkiye

Geliş Tarihi (Received): 28.11.2023, Kabul Tarihi (Accepted): 16.12.2023

✉ Sorumlu Yazar (Corresponding author*): scosman@mehmetakif.edu.tr

☎ +90 248 2132773 📠 +90 248 2132704

ÖZ

Yakıt katkı maddeleri, motor performansını iyileştirmek ve ayrıca motorda yanma sonrasında ortaya çıkan kirlenici emisyonları azaltmak için kullanılmaktadır. Bu çalışmada, ilk defa tek silindirli buji ateşlemeli bir motorda, N-(2-amino-5-bromo-1,2-dihydropyridine-1-carbonothioyl)furan-2-carboxamide ($C_{11}H_{10}BrN_3O_2S$) kimyasal bileşimine sahip benzoiltiyöüre türevi yakıt katkı maddesinin motor torku, efektif güç, özgül yakıt tüketimi (ÖYT), ısı verim, CO, CO₂ ve HC emisyonlarındaki değişimlere etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, test motoru tam açık gaz keleşinde, 2400, 2800, 3200, 3600 ve 4000 dev/dk motor devirlerinde çalıştırılmış ve benzine katkı maddesi eklendikçe motor gücü ve torkun azaldığı görülmüştür. ÖYT, 2800 dev/dk'da saf benzine kıyasla test yakıtı-1, test yakıtı-2, ve test yakıtı-3 için sırasıyla yaklaşık %5,52, %9,60 ve %14,20 oranında azalmıştır. Aynı devirde test yakıtı-2 için ısı verimin benzine göre yaklaşık %16,45 oranında arttığı görülmüştür. Yakıt katkısı ilave edildikçe CO emisyonlarında dikkat çekici bir azalmanın olduğu görülmüştür. Test yakıtı-1 ve test yakıtı-2 ile HC emisyonlarının benzine göre azaldığı, test yakıtı-3 ile arttığı saptanmıştır. Sonuç olarak, benzoiltiyöüre türevinin buji ile ateşlemeli bir motorda yakıt katkı maddesi olarak kullanılabileceği ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Benzoiltiyöüre, Benzin, Egzoz Emisyonları, Motor Performansı, İçten Yanmalı Motor

Investigation of the Effect of Benzoylthiourea Derivative Fuel Additive on Engine Performance and Exhaust Emissions in a Spark Ignition Engine

ABSTRACT

Fuel additives have been used to improve the engine performance and reduce the pollutant emissions that occur after the combustion of the engine. In this study, the effect of benzoyl thiourea derivative fuel additive with the chemical composition of N-(2-amino-5-bromo-1,2-dihydropyridine-1-carbonothioyl)furan-2-carboxamide ($C_{11}H_{10}BrN_3O_2S$) on engine torque, effective power, specific fuel consumption (SFC), thermal efficiency, CO, CO₂ and HC emissions were investigated for the first time in a single cylinder spark ignition engine. For this purpose, the test engine was operated at 2400, 2800, 3200, 3600 and 4000 rpm engine speeds at wide open throttle. Engine power and torque decreased as the additive was added to gasoline. At 2800 rpm, the SFC decreased by approximately 5,52%, 9,60%, and 14,20% for test fuel-1, test fuel-2, and test fuel-3, respectively, compared to pure gasoline. At the same engine speed, the thermal efficiency for test fuel-2 increased by about 16.45% compared to gasoline. There was a noticeable reduction in CO emissions as the fuel additive was added. However, HC emissions decreased with test fuel-1 and test fuel-2 compared to gasoline and increased with test fuel-3. In conclusion, benzoylthiourea derivative can be used as a fuel additive in a spark ignition engine.

Keywords: Benzoylthiourea, Gasoline, Exhaust Emissions, Engine Performance, Internal Combustion Engine

GİRİŞ

Enerji, modern endüstriyel ekonominin temeli olmakla birlikte, çoğu insan faaliyeti için gerekli bir kavramdır. İnsanlığın temel gereksinimleri olan, aydınlatma, ısınma, gıda üretimi, depolama, eğitim, endüstriyel üretim ve ulaşım vb. gibi birçok ihtiyaca cevap vermektedir. Diğer bir ifadeyle, insanlık hem bireysel hem de toplumsal olarak enerjiye bağımlı hale gelmiştir. Bu ihtiyaçlardan birisi ulaşım. Otomobil, birçok gelişmiş ekonomi için dünyada birincil ulaşım şeklidir. Günümüzde ise yaklaşık bir milyar aracın olduğu tahmin edilmektedir. Diğer taraftan kentleşme ve sanayileşmenin hızla artmasıyla birlikte enerji ihtiyacı da sürekli artmaktadır. Burada petrol türevi yakıtlar ekonomik ve sosyal yaşamın önemli bir bileşeni olarak rol oynamaktadır (Kumar ve ark., 2018).

Dünya nüfusu artmaya devam ederken ulaşım, sanayi ve araştırma sektörlerinin gelişmesi ile petrol yakıtlarında talebi artıran bir kriz yaşanmaktadır. Son dönemde petrol rezervlerinin hızla tükenmesiyle birlikte egzoz gazlarının çevreye olan etkisi tüm dünyada önemli bir sorun haline geldi. Çünkü fosil yakıtın yanması sonucu açığa çıkan CO₂ ve diğer sera gazı emisyonları hem insan hem de çevreye çok fazla zarar vermektedir. Petrol rezervlerinin tükenmesi ve motorlu araçların bu zararlı egzoz emisyonları nedeniyle araştırmacılar alternatif yakıtlar üzerine yoğunlaşmaktadır. Dizel motorlar yakıt ekonomisi açısından daha avantajlı ve buji ile ateşlemeli (SI) motorlara göre daha yüksek ısı verim sunarken, daha fazla zararlı egzoz gazları yaymaktadırlar. Diğer yandan buji ateşlemeli motorlar, daha düşük sıkıştırma oranı sebebiyle daha düşük ısı verime rağmen, dizel motorlara kıyasla daha düşük egzoz emisyonları ve soğuk çalıştırma şartlarında daha iyi çalışması yönünden avantajlıdır. Düşük ısı verime sahip buji ateşlemeli motorlardaki bu durum yakıt katkı maddeleri kullanılarak iyileştirilebilir (Günaydin ve ark., 2023; Uyumaz, 2023; Sharma ve Murgan, 2022; Karthick ve ark., 2022; Siddartha ve ark., 2022).

Son dönemde dizel ve benzinli motorlarda farklı yakıt katkı maddeleri ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda özellikle yakıt katkı maddelerinin yüksek oksijen içeriği kullanılarak yanma ve motor performansının iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Bu katkı maddeleri ile ilgili araştırmaya konu olan kimyasallardan bazıları ise benzoiltiyöüre ve türevleridir. Tiyöüreler; oldukça etkili biyolojik uygulamalara sahip olan çok yönlü kimyasallar olarak bilinmektedir. En belirgin biyolojik uygulamalarından bir tanesi enfeksiyon tedavisidir (Kalem ve Erbil, 2022). Benzoiltiyöüre türevlerinin genel akti-

vite profilleri incelendiği zaman geçiş metallerini ayırmada kullanılan önemli ligandlardan biri olması, metal komplekslerinin farklı mikroorganizmaları kontrol altına alabilen antimikrobiyal özelliğe sahip olmaları, bu konuya olan ilgiyi arttırmıştır. Bu yüzden tiyöüre türevleri farmostatik kimya alanında, analitik ve teknik uygulamalarda ilgi çekici olmakla birlikte, tıbbi ve koordinasyon kimyasının gelişmesi açısından önemli bir rol oynamakta ve kimya alanında yapılan çalışmalar için çok büyük önem arz etmektedir. Benzoiltiyöüre türevleri, koordinasyon özellikleri nedeniyle, geçiş metal iyonlarına çok sayıda bağlanma olanağı da sağlarlar. Sonuç olarak, platin, rodyum, paladyum, bakır, nikel, kobalt, kadmiyum ve çinko dahil olmak üzere benzoiltiyöüre türevlerinin farklı koordinasyon modlarına sahip çeşitli geçiş metal kompleksleri birçok çalışmada rapor edilmiştir (Kurt, 2008; Schmitt ve ark., 2012; Yang ve ark., 2012; Saeed ve ark., 2014; Mukiza ve ark., 2021; Abdelhamid ve ark., 2021; Zahra ve ark., 2022; Kurt, 2019). Benzoiltiyöüre ile ilgili yapılan başka bir çalışmada N-(5-bromo-pyridin-2-yl)carbonothioyl)uran-2-carboxamide ve bunun Cu, Ni ve Co metal kompleksleri hazırlanmış ve yapısal karakterizasyonları elementel analiz, FT-IR, UV-vis., ¹H NMR, tek kristal XRD, manyetik susseptibilite ve DTA/TG teknikleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Yeşilkaynak ve ark., 2022). Benzoiltiyöüre türevleri ile ilgili yürütülen diğer çalışmalar ise yakıt katkı maddesi olarak araştırılmasıdır. Benzoiltiyöüre türevi bileşikler içten yanmalı motorlarda yakıt özelliklerini iyileştirmek için yakıt katkısı olarak kullanılabilir. Bunun yanında benzoiltiyöüre türevi bileşiklerin kullanımı ile motor performansında iyileşme ve egzoz emisyonlarında azalma eğilimleri görülmektedir. Ancak literatürde yakıt karışımı olarak incelenmesi ile ilgili yapılan çalışmalar oldukça kısıtlı sayıdadır. Benzoiltiyöüre ve türevleri ile ilgili yapılan bazı araştırma makaleleri bu çalışmada sunulmuştur.

Solmaz ve ark., (2022) yapmış oldukları çalışmada, ucuz ve ticari olarak temin edilebilen başlangıç malzemelerinden hazırlanması kolay olan benzoil tiyöüre türevi ligandinin (4-klorobenzoil klorür ve potasyum tiyosiyanat) katalitik olarak etkili paladyum komplekslerini geliştirmişlerdir. Yapılan çalışmada çeşitli moleküler karakterizasyonlar, istenen paladyum komplekslerinin başarılı bir şekilde sentezlendiğini ortaya koymuştur. Ayrıca Paladyum komplekslerinin katalitik aktivitesi, aril bromürlerin fenilboronik asit ile Suzuki-Miyaura çapraz bağlanma reaksiyonunda da değerlendirilmiştir. Keskin ve ark., (2022) tarafından yapılan çalışmada, izoftaloil diizotiyosiyanattan türetilen iki benzoiltiyöüre türevi bileşikler (H₂L¹ and H₂L²) hazırlanmış ve di- ve tetra-nükleer oksorhenium (V) komplekslerinin hazırlanması için bir ligand olarak uygulamışlardır.

Sentezlenen kompleksler, oksidan olarak 'BuOOH kullanılarak difenil sülfürün oksidasyonunda test edilmiştir. Propil ve bütül bazlı ligandlar, büyük olasılıkla benzer elektronik özellikleri nedeniyle katalitik aktivite üzerinde önemli bir farklılık sağlayamamıştır. Ancak yapılan çalışmada arilin oksorhenium kompleksi katalizli oksidasyonu sülfürlerin hafif, etkili ve hızlı olduğu sonucuna varılmıştır. Aynı zamanda kullanım yönünden kolaylık sağlaması diğer reaksiyonlarda katalizör olarak araştırma yapılması yönünden cezbedici olabileceği vurgulanmıştır. Sievers ve Schuster, (2015) yapmış oldukları çalışmada, Almanya'nın Münih kent merkezinin dışında bulunan Landshuter Allee, Candid ve Trappentreu tünellerindeki toz örneklerini 1994'ten 2012'ye kadar tozdaki paladyum konsantrasyonlarını izlemiştir. Eldeki numunenin tamamen sindirilmesi ve paladyum ve platinin yüksek derecede seçici şelatlama ajanları olarak görev yapan N, N-Dialkil-N' -benzoi tiyöüreler ile zenginleştirilmesinden sonra Atomik Absorpsiyon Spektrometresi yardımıyla PGM (Platin Grubu Metaller) analizi yapılmıştır. Toz örneklerindeki platin konsantrasyonu da 2007'de maksimuma ulaşmış ve 2007'den 2012'ye kadar azaldığını ortaya koymuşlardır. Tünel tozundaki paladyum ve platin konsantrasyonunun 2007'den sonra düşmesinin olası sebebini, otomotiv katalitik konvertörlerinin üretimindeki ilerlemeye bağlı olarak; özellikle trafikten kaynaklanan kirletici emisyonların da giderek azaldığı belirtilmiştir. Keskin ve ark., (2018) yapmış oldukları çalışmada tiyöüre türevleri olan HL¹ (N-(di-n-propylcarbamothiöyl)-4-fluorobenzamide) ve HL² (N-(di-n-propylcarbamothiöyl)-4-bromobenzamide) ve bunların platin komplekslerini başarıyla sentezlemiştir. Gümüş ve ark., birbirine benzeyen dört tiyöüre türevini sentezlemiş, FT-IR, 1H NMR ve 13C NMR spektroskopisi tekniklerini kullanarak karakterize etmişlerdir. Kısaca, benzoiltiyöüre türevlerinin paladyum komplekslerinin potansiyel kullanım alanları arasında katalitik aktiviteler bulunmaktadır (El- Ayaan ve ark., 2007; Al- Hazmi ve ark., 2008; Abu-Melha ve El- Metwally., 2008; Refat ve El- Metwally., 2012; Graser ve ark., 2013; El- Metwally ve ark., 2006). (Keskin ve ark., (2015) dizele metal katkı maddesi olarak bis-(N, N-dimetil-N'-2)-klorobenzoylthiöureato) paladyum (II), PdL₂ ve bis-(N, N-dimetil-N'-2 klorobenzoylthiöureato)nikel (II), NiL₂ komplekslerinin eklenmesinin etkisini görmek için deneysel çarışma yürütmüşlerdir. PdL₂ ve NiL₂ kompleksleri dizele 50 ve 100 ppm olarak eklenmiş ve her bir test yakıtının özellikleri (yoğunluk, viskozite, kalorifik değer, Setan sayısı, sülfür içeriği, parlama noktası, akma noktası ve bakır şerit korozyonu) incelenmiştir. Yapılan çalışmada, dizel yakıtı PdL₂ ve NiL₂ komplekslerinin eklenmesinin yakıt özelliklerinde önemli bir değişikliğe neden olmadığı görülmüştür. Ancak, metal katkıları dizelelin akma noktasını düşürmüş ve parlama noktasını

yükseltmiştir. Motor performansı hem dizel hem de metal katkılı yakıtlarda genel olarak benzer sonuçlar gösterirken, fren özgül yakıt tüketimi %7,75'e kadar azalma göstermiştir. Ayrıca PdL₂ ve NiL₂ komplekslerinin dizel motorda yakıt katkısı olarak kullanılması kirletici emisyonlarında (CO, NO_x ve duman) önemli düşüşler sağladığı ortaya konmuştur. Keskin ve ark., (2018) yapmış oldukları diğer bir çalışmada ise Asetilferrosen ve paladyum bazlı katkı maddeleri içeren biyodizel-dizel yakıt karışımlarının dizel motor performansı ve emisyonları üzerindeki etkisi deneysel olarak incelenmişlerdir. Katkı maddeleri karışım yakıtlarına 25 ppm dozajında kullanılarak, bis-(N, N-dimetil-N'-2-klorobenzoylthiöureato) paladyum (II), PdL₂ paladyum bazlı bir katkı maddesi olarak hazırlanmıştır. Paladyum bazlı katkı maddesi kullanılarak hazırlanan AcCp₂Fe ve PdCl₂ yakıt katkıları, dizel yakıt-biyodizel karışımlarının yakıt özelliklerini geliştirmek için kullanılmıştır. Ayrıca, bu katkı maddelerinin motor performansı, emisyon ve titreşim özellikleri üzerindeki etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Test yakıtları biyodizel ve katkı maddeleri ilavesi açısından değerlendirildiğinde, karışım yakıtların yoğunluğu, viskozitesi ve akma noktası artmış, ancak ısı değeri ve setan sayısı azalmıştır. Karışım yakıtlara metal bazlı katkı maddelerinin eklenmesi silindir basıncı değerlerinin karakteristiği üzerinde önemli bir etki göstermemiştir. CO ve PM emisyonları ise sırasıyla %60,07 ve %51,33'e kadar önemli ölçüde azaldığı görülmüştür.

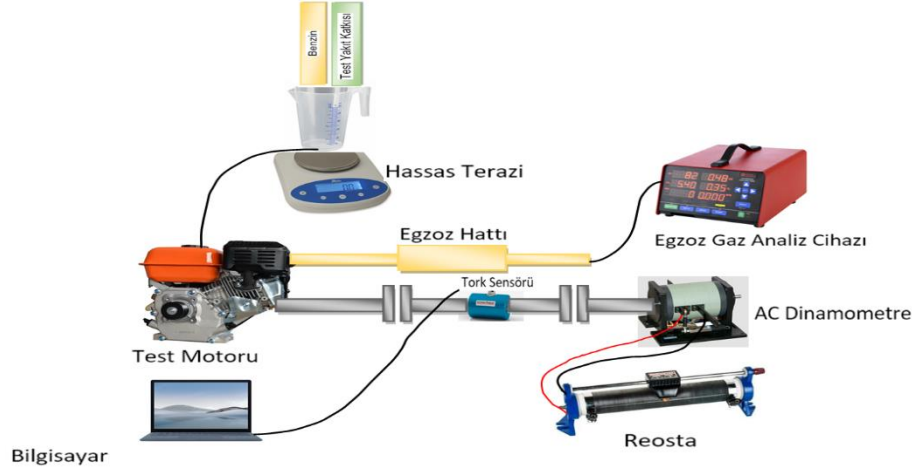
Bu çalışmada, (Yeşilkaynak ve ark., 2022) tarafından sentezlenmiş olan N-(5-bromo-pyridin-2-yl)carbonothioyl) furan-2-carboxamide (C₁₁H₁₀BrN₃O₂S) benzin katkısı olarak ilk defa incelenmiştir. N-(5-bromo-pyridin-2-yl)carbonothioyl) furan-2-carboxamide diklorometanda çözülmüş ve benzine karışabilen katkı maddesi hazırlanarak, tek silindiri bir benzinli motora sahip deney düzeneğinde test edilmiştir. Yakıt katkı maddesi olarak kullanılan benzoiltiyöüre türevi bileşiklerin motor performansı ve egzoz emisyonları üzerindeki etkileri araştırmak için tek silindiri buji ile ateşlemeli bir motor tam yükte, 2400, 2800, 3200, 3600 ve 4000 dev/dk'da çalıştırılmıştır. Daha önce denenmemiş bu yakıt katkı maddesi farklı oranlarda (0,5 mL, 1 mL ve 1,5 mL) benzinle karıştırılarak; motor momenti, efektif güç, özgül yakıt tüketimi (ÖYT), ısı verim, CO, CO₂ ve HC emisyonları üzerindeki etkileri deneysel olarak araştırılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Yapılan deneysel çalışma Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu Otomotiv Teknolojisi Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Sentezlenen yakıt katkısının motor performansı ve emisyonlar (CO, CO₂ ve HC) üzerindeki etkilerini araştırmak için tek silindirli, dört zamanlı bir buji ateşlemeli motor kullanılmıştır. Kullanılan test düzeneğinin şematik görünümü Şekil 1'de görülmektedir. Test motoruna ait teknik özellikler ise Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Motor test düzeneğinin şematik görünümü

Tablo 1. Test motorunun özellikleri

| Model | Honda GX160 |
|-----------------------------------|----------------|
| Çap x strok [mm] | 68x45 |
| Silindir hacmi [cm ³] | 163 |
| Sıkıştırma Oranı | 8,5:1 |
| Maksimum güç BG@3600 dev/dk | 5,5 |
| Maksimum Tork [Nm]@2500 dev/dk | 10,78 |
| Soğutma sistemi | Hava soğutmalı |

Ölçümler, deneysel hataları azaltmak ve daha hassas veriler elde etmek için test motoru çalışma sıcaklığına ulaştıktan sonra yapılmış ve kararlı çalışma koşulları sağlandıktan sonra gerçekleştirilmiştir. Saf benzine ilave edilen benzoiltiyöüre türevi olan katkı maddesinin motor performansı ve egzoz emisyonları üzerindeki etkilerini araştırmak için deney motoru 2400, 2800, 3200, 3600 ve 4000 dev/dk devirlerinde tam gaz kelebeği açıklığında çalıştırılmıştır. Test yakıtları, katkı maddesinin saf benzine 0,5 mL, 1 mL ve 1,5 mL ilave edilmesiyle elde edilmiştir. Saf benzin, çalışmada referans olarak kullanılmıştır. Deneysel çalışmada kullanılan test yakıtına ait karışım oranları ve benzinin özellikleri sırasıyla Tablo 2 ve Tablo 3'te verilmiştir.

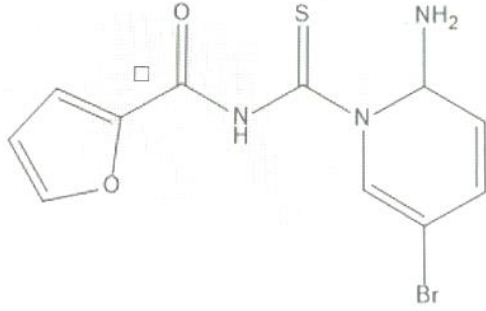
Tablo 2. Test yakıtı ve karışım oranları

| Yakıtlar | Karışım oranları |
|------------------------|----------------------|
| Benzin | %100 Benzin (500 mL) |
| Test yakıtı-1 (0,5 mL) | 0,5 mL + %100 Benzin |
| Test yakıtı-2 (1 mL) | 1 mL + %100 Benzin |
| Test yakıtı-3 (1,5 mL) | 1,5 mL + %100 Benzin |

Tablo 3. Benzinin özellikleri (URL-1, 2023)

| Özellikler | Benzin |
|-----------------------------------|--------|
| Yoğunluk [kg/m ³] | 746 |
| Gizli buharlaşma ısısı [kJ/kg] | 331,6 |
| Parlama noktası [°C] | -43 |
| Tutuşma sıcaklığı [°C] | 257,2 |
| Kaynama noktası [°C] | 30-225 |
| Oktan sayısı | 96,47 |

Şekil 2'de deneylerde kullanılan Benzoiltiyöüre türevi yakıt katkısının (N-(5-bromo-pyridin-2-yl)carbonothioyl) furan-2-carboxamide) kimyasal yapısı görülmektedir.



Şekil 2. Benzoiltiyöre türevi yakıt katkısının (N-(5-bromo-pyridin-2-yl)carbonothioyl) furan-2-carboxamide) kimyasal yapısı

Benzoiltiyöre türevi yakıt katkısının (N-(5-bromo-pyridin-2-yl)carbonothioyl) furan-2-carboxamide) bazı özellikleri Tablo 4' te verilmektedir.

Tablo 4. Yakıt katkısının bazı özellikleri

| Özellikler | N-(5-bromo-pyridin-2-yl)carbonothioyl) furan-2-carboxamide |
|---------------------------|---|
| Kimyasal formülü | C ₁₁ H ₁₀ BrN ₃ O ₂ S |
| Moleküler ağırlık [g/mol] | 328,19 |
| Elemental analiz | C:40,26, H:3,07, Br:24,35, N:12,80, O:9,75, S:9,77 |

Yöntem

Buji ateşlemeli motorun tam yük hız karakteristiklerini elde etmek için test motoru Şekil 1'de görüldüğü gibi AC dinamometreye bağlanmıştır. Dinamometre çıkışına bağlanan devre elemanlarının (dirençlerin) kademeli çalıştırılması ile tam açık gaz kelebeğinde çalışan test motoru yüklenerek farklı devirlerde test edilmiştir. Bu esnada test motorunun yüklenmesi sırasında kullanılan dirençleri korumak amacıyla devreden geçen akım ampermetre ile ölçülmüştür. Yakıt tüketimini belirlemek için ise 0,5 gr hassasiyetle ölçüm yapabilen PLT Power marka hassas terazi kullanılmıştır. Motor torku ve motor devrini ölçmek için Burster 8661 marka tork sensörü, AC dinamometre ile test motoru arasına monte edilmiştir. Test esnasında ölçülen motor devri ve tork verileri kablo bağlantısı yardımıyla bilgisayara aktarılmıştır. Motor devri ve tork verileri Digivision arayüzü ile sürekli olarak izlenmiş ve kaydedilmiştir. Tork sensörüne ait teknik özellikler Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5. Tork sensörü özellikleri

| Model | Burster 8661 |
|--------------------------------------|--------------|
| Nominal destek voltaj aralığı [V DC] | 10-30 |
| Nominal tork çıkış voltajı [V] | +10 |
| Yalıtım direnci [MΩ] | >5 |
| -3 dB cut-off frekansı [Hz] | 200 |
| Dalgalanma [mV] | <50 |
| Sürücü sinyali (K pin) [V DC] | 10...30 |

SUN MGA1500 model egzoz gazı analiz cihazı yardımıyla CO, CO₂ ve HC emisyonları ölçülmüştür. Cihaza ait teknik özellikler ise Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Egzoz gazı analiz cihazının teknik özellikleri

| | Çalışma Aralığı | Hassasiyet |
|-----------------|-----------------|------------|
| CO | %0-14 | %0,001 |
| HC | 0-9999 ppm | 1 ppm |
| NO _x | 0-5000 ppm | 1 ppm |
| CO ₂ | %0-18 | %0,1 |
| O ₂ | %0-25 | %0,01 |
| λ | 0-4 | %0,001 |

Motor torku, motor hızına bağlı olarak ölçülmüştür. Bununla birlikte efektif güç hesaplanabilir. Bu veriler ile özgül yakıt tüketimi Denklem 1 yardımıyla bulunabilir:

$$\text{ÖYT} = m_f / N_e \quad (1)$$

Burada m_f yakıt tüketimini, N_e ise efektif gücü tanımlamaktadır. Isıl verim ifadesi, ısı enerjisinin yakıt tarafından net işe nasıl dönüştürüldüğünü gösteren bir parametre olup Denklem 2 yardımıyla hesaplanabilir (Heywood, 1988).

$$\eta_T = N_e / m_f Q_{LHV} \quad (2)$$

Burada η_T ısıl verim, Q_{LHV} ise yakıtın kalorifik değerini ifade etmektedir. Belirsizlik analizi Denklem 3 yardımı ile hesaplanmıştır (Uyumaz, 2023; Gorski ve ark., 2020; Holman, 2001; Mofat, 1985; Kumar ve Murugesan, 2023). Analiz sonuçları ise Tablo 7'de verilmiştir.

$$\left[\left(\left(\frac{\partial f}{\partial x_1} \right) \Delta x_1 \right)^2 + \left(\left(\frac{\partial f}{\partial x_2} \right) \Delta x_2 \right)^2 + \dots + \left(\left(\frac{\partial f}{\partial x_n} \right) \Delta x_n \right)^2 \right]^{1/2} \quad (3)$$

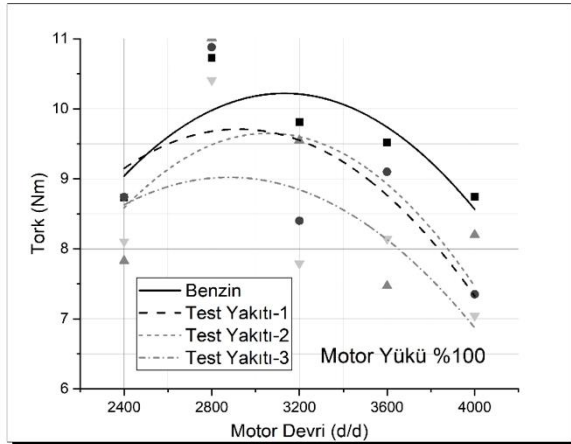
Tablo 7. Belirsizlik analiz sonuçları

| | Hassasiyet | (%) Belirsizlik |
|--------------------|------------|-----------------|
| Yakıt tüketimi (g) | ± 0,5 | ± 0,16 |
| Tork (Nm) | ± 0,01 | ± 0,38 |
| Güç (kW) | ± 0,01 | ± 0,13 |

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bulgular

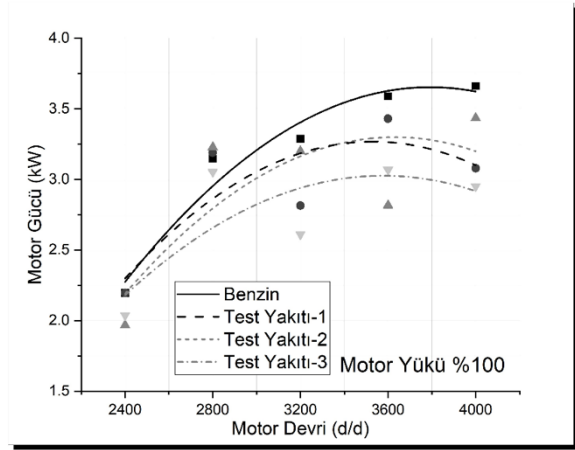
Deney düzeneğindeki test motorunun stabil çalışma koşulları sağlandıktan sonra benzin içerisine kimyasal bileşimi $C_{11}H_{10}BrN_3O_2S$ olan benzoiltiyöre türevi yakıt katkı maddesi saf benzine 0,5 mL, 1 mL ve 1,5 mL eklenerek test yakıt karışımları elde edilmiştir. Bu test yakıtlarına ait motor torku değerleri Şekil 3'de görülmektedir. Maksimum motor torku 2800 dev/dk'da elde edilmiştir. Şekil 3'te görüldüğü üzere tam yükte ve farklı motor devirlerinde yapılan deneyler sonucunda motor torkunun yakıt katkısı ile azaldığı görülmüştür. Test yakıtı-2 ile 2800 dev/dk'da maksimum motor torkunun benzine göre %2,60 oranında arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, motor devri arttıkça, her strok için gaz kaçakları ve termal kayıplar artmaktadır. Böylece motor torku tüm test yakıtları için azalmaktadır. Torkun motor devrine bağlı değişimi Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Torkun motor devrine bağlı değişimi

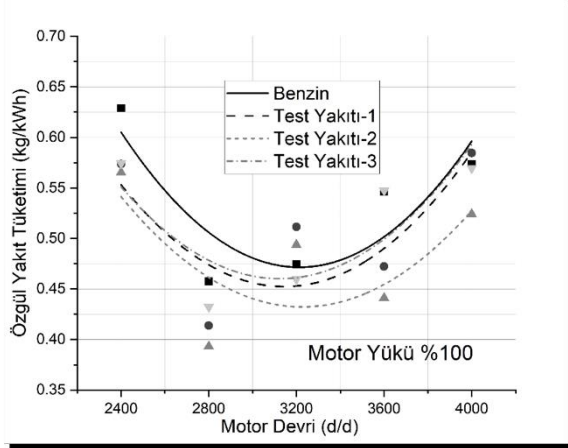
Şekil 4'te efektif gücün farklı test yakıtları için motor devrine bağlı değişimi gösterilmektedir. Burada efektif güç, motor devrine bağlı olarak tüm test yakıtlarıyla arttığı gözlenmiştir. Motor devrinin artışı ile birim zamanda yapılan iş artmaktadır. Maksimum motor devrinden sonra mekanik ve akış kayıplarındaki artış nedeniyle motordaki güç artışları yavaşlamaktadır. Motor devri arttıkça karışımın homojenliği artmakta hava ve

yakıt moleküllerinin daha iyi karışması mümkün olabilmektedir. Bununla birlikte yanma odasının genelinde oksidasyon reaksiyonlarının gerçekleşebilmesi ihtimali artmaktadır. Maksimum motor gücü çıkışı benzin ve test yakıtı-2 için 4000 dev/dk'da hesaplanırken, test yakıtı-1 ve test yakıtı-3 için 3600 dev/dk'da gerçekleşmiştir. Test yakıtı-3 ile hesaplanan efektif güç, benzin ve diğer yakıt karışımlarına nazaran biraz daha azalma göstermiştir. Genel olarak, yakıt katkı maddesi ilavesi ile benzin ile kıyaslandığında motor gücünün azaldığı görülmektedir. Ancak 4000 dev/dk motor devrinde test yakıtı-2 ile test yakıtı-1'e göre daha fazla motor gücünün elde edildiği görülmektedir.

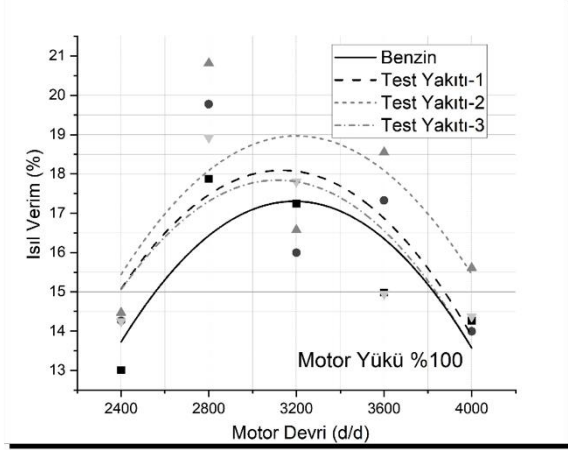


Şekil 4. Motor gücünün devir ile değişimi

İçten yanmalı motorlardaki en önemli performans göstergelerinden birisi özgül yakıt tüketimidir. Düşük ve yüksek motor hızlarında, mekanik kayıplar ve tam yanma için gerekli olan oksijen yetersizliği nedeniyle efektif güç azalmaktadır. Buna bağlı olarak, ÖYT Şekil 5'de gösterildiği üzere düşük ve yüksek motor devirlerinde artmaktadır. Test yakıtları için minimum ÖYT değerleri 2800 dev/dk'da elde edilmiştir. Yakıt katkısı ilave edildikçe (Test yakıtı-1 ve test yakıtı-2) özgül yakıt tüketiminin azaldığı görülmüştür. Ancak Test yakıtı-3 ile ÖYT artmıştır. Maksimum ÖYT saf benzin olan referans yakıt ile hesaplanmıştır. En düşük ÖYT test yakıtı-2 ile belirlenmiştir. ÖYT, 2800 dev/dk'da saf benzine kıyasla test yakıtı-1, test yakıtı-2, ve test yakıtı-3 için sırasıyla yaklaşık %5,52, %9,60 ve %14,20 oranında azalmıştır. Şekil 5'te görüldüğü üzere katkı maddesinin kullanılması ÖYT'de azalışa neden olduğu açıktır. Kocakulak ve ark. (2023) yapmış oldukları çalışmada, buji ile ateşlemeli bir motorda benzine metil etil keton katkısı arttıkça ÖYT değerlerinin benzer şekilde azaldığını görmüşlerdir. Minimum ÖYT, MEK40 yakıtı ile 2800 dev/dk motor devrinde elde edilmiştir.



Şekil 5. Özgül yakıt tüketiminin değişimi

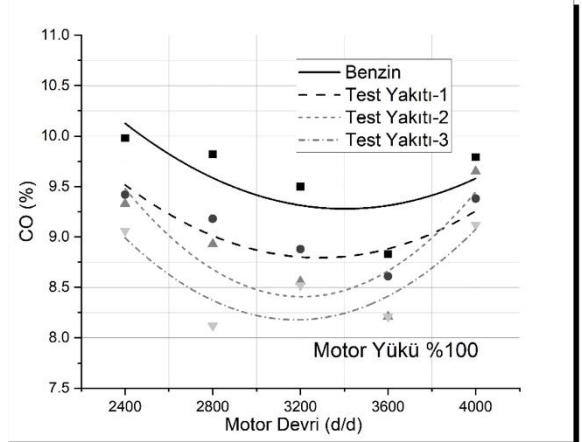


Şekil 6. Test yakıtlarının ısı verim üzerindeki etkileri

Elde edilen ısı veriminin test yakıtları ile değişimi Şekil 6'da ifade edilmiştir. Yakıtle elde edilen ısı enerjisinin net işe dönüşümünü ifade eden ısı verim önemli bir performans parametresidir. Düşük motor devirlerinde ısı transfer için yeterli zaman bulunabilmekte ve ısı silindir duvarına aktarılabilir. Bu durum silindir içi ortalama gaz sıcaklığının azalmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla daha düşük verim elde edilir. Benzer şekilde, yüksek motor devirlerinde gaz kaçakları ve akış kayıpları nedeniyle hacimsel verim azalmaktadır. Oksijen eksikliği ile yanma iyi bir şekilde tamamlanamamakta ve yanmamış hidrokarbonun bir kısmı yanma odasında kalmaktadır. Yanma odasında kalan yakıt molekülleri sonrasında silindirden dışarı atılmaktadır. Yetersiz oksijen, yüksek motor devirlerinde oksidasyon reaksiyonlarını yavaşlatır. Böylece ısı verim azalır (Heywood, 1988). Maksimum ısı verim, ÖYT değerlerinin minimum olduğu 2800 dev/dk'da elde edilmiştir. Tüm test yakıtları için maksimum ısı verim 2800

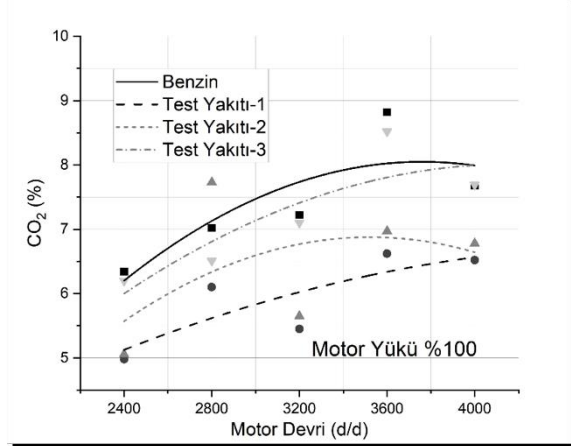
dev/dk'da belirlenmiştir. Test yakıtı-2 için 2800 dev/dk'da ısı verimin benzine göre yaklaşık %16,45 oranında arttığı ve maksimum değere ulaştığı tespit edilmiştir. Elde edilen ısı verim değerleri ile ÖYT değerleri arasında uyumun olduğu görülmektedir.

Şekil 7, CO emisyonlarının test yakıtlarına bağlı değişimini göstermektedir. CO, düşük silindir içi sıcaklık ve yetersiz oksijen nedeniyle meydana gelir. Yakıt karışımlarına katkı maddesi ilave edildikçe CO azaldığı görülmektedir. En düşük CO değeri 2800 dev/dk'da test yakıtı-3 için elde edilmiştir. Bu motor devrinde, CO emisyonları test yakıtı-3 kullanılmasıyla saf benzine kıyasla %17,3 daha azalmıştır. Motor devrinin artması ile yanma sonrası gaz sıcaklığı artmakta ve CO oluşumu azalmaktadır. Öte yandan, yüksek motor devirlerinde silindire yetersiz oksijen girişi nedeniyle CO oluşumu artma eğilimindedir. Bu durum Şekil 7'de görülmektedir. Yakıt katkısı ilave edildikçe oksidasyon reaksiyonları iyileşmektedir. Bunun sonucunda eksik yanma ürünü olan CO emisyonlarının azaldığı görülmektedir.

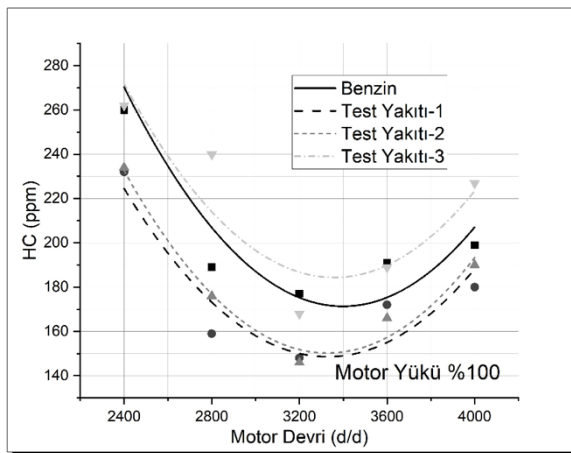


Şekil 7. CO emisyonlarının değişimi

Şekil 8, katkı maddesinin farklı motor devirleri için CO₂ emisyonları üzerindeki etkisini göstermektedir. Kullanılan katkı maddesinin miktarı arttıkça CO₂ emisyonları da artmaktadır. Yüksek motor devirlerinde pompalama kayıplarının artması ve yanma odasındaki oksijen yoğunluğunun azalması sonucu CO oluşumu artmakta ve CO₂ emisyonları azalmaktadır. Görüldüğü üzere, CO ve CO₂ arasında ters bir korelasyon olduğu görülebilir. Şekil 8'de görüldüğü gibi en yüksek CO₂ 3600 dev/dk'da tüm test yakıtları için ölçülmüştür. En düşük CO₂ emisyon değeri 2400 dev/dk'da test yakıtı-1 kullanılması durumunda elde edilmiştir. Bu devirde CO₂ emisyonu benzine göre %21,5 daha azalma göstermiştir.

Şekil 8. CO₂ emisyonlarının değişimi

Şekil 9'da ise benzoiltiyöüre yakıt katkısının HC emisyonları üzerindeki etkileri gösterilmektedir. Yakıt katkı maddesi ilavesi arttıkça HC emisyonlarının arttığı gözlenmiştir. Test yakıtı-1 ve test yakıtı-2 için HC emisyonları benzinle kıyaslandığında azalma gösterirken, test yakıtı-3 kullanılması durumunda HC emisyonları artış göstermiş ve 4000 dev/dk'da en yüksek değer elde edilmiştir. Minimum HC emisyonları test yakıtı-1 için ölçülmüş, 4000 dev/dk motor devri için benzin ve test yakıtı-3 ile karşılaştırıldığında; yaklaşık sırasıyla %9,5 ve %20,7 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde; Keskin ve ark., (2015) yapmış oldukları deneysel çalışmada dizele metal katkı maddesi olarak kullanılmış oldukları benzoiltiyöüre türevi ligandı ile birlikte CO, NO_x ve duman emisyonlarında sırasıyla %68,15, %34,93 ve %50,24 oranlarında düşüş elde etmişlerdir.



Şekil 9. HC emisyonlarının değişimi

SONUÇ

Bu çalışmada, daha önce denenmemiş olan bir benzoiltiyöüre türevi (N-(5-bromo-pyridin-2-yl)carbonothioyl) furan-2-carboxamide) benzin katkısı olarak kullanılmış, motor performansı ve egzoz emisyonları üzerindeki etkileri deneysel olarak araştırılmıştır. Motor torku, efektif güç, ÖYT, ısı verim, CO, CO₂ ve HC emisyonlarındaki değişimler tam yükte ve 2400, 2800, 3200, 3600 ve 4000 dev/dk motor devirlerinde incelenmiştir. Buna bağlı olarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Tüm yakıtlar için maksimum motor torku ve güç çıkışı sırasıyla 2800 ve 4000 dev/dk'da elde edilmiştir. Test yakıtı-2 için 2800 dev/dk'da maksimum motor torkunun benzine göre %2,60 oranında arttığı tespit edilmiş, tam yükte ve farklı motor devirlerinde yapılan deneyler sonucunda motor torkunun yakıt katkısı ile azaldığı görülmüştür.
- Tüm test yakıtları için efektif güç, motor devrine bağlı olarak artmıştır. Maksimum motor gücü çıkışı benzin ve test yakıtı-2 için 4000 dev/dk'da elde edilirken, test yakıtı-1 ve 3 için ise 3600 dev/dk'da gözlenmiştir.
- ÖYT, 2800 dev/dk'da saf benzine kıyasla test yakıtı-1, test yakıtı-2, ve test yakıtı-3 için sırasıyla yaklaşık %5,52, %9,60 ve %14,20 oranında azalmıştır.
- Test yakıtı-2 için 2800 dev/dk'da ısı veriminin benzine göre yaklaşık %16,45 oranında arttığı ve ısı veriminin maksimum değere ulaştığı belirlenmiştir.

Emisyonlar ile ilgili bulgular incelendiğinde; 2800 dev/dk motor devrinde, CO emisyonları test yakıtı-3 kullanılmasıyla saf benzine kıyasla %17,3 daha azalmıştır. En düşük CO₂ emisyon değeri 2400 dev/dk'da test yakıtı-1 için elde edilmiş, CO₂ emisyonu benzine göre %21,5 daha azalma göstermiştir. Test yakıtı-1 ve test yakıtı-2 için HC emisyonları benzinle kıyaslandığında sırasıyla %9,5 ve %20,7 oranlarında azalma gösterirken, test yakıtı-3 kullanılması durumunda ise %5,25 artış elde edilmiştir. Sonuç olarak, yakıt katkısı olarak kullanılan Benzoiltiyöüre türevi (N-(5-bromo-pyridin-2-yl)carbonothioyl) furan-2-carboxamide) ilk defa benzin ile karıştırılarak denenmiş, buji ile ateşlemeli motorlarda katkı maddesi olarak kullanılabileceği ortaya konmuştur. Benzoiltiyöüre türevlerinin yakıt katkı maddesi olarak kullanımı literatürde oldukça kısıtlıdır. Bu yüzden daha detaylı veriler elde etmek için çok silindri içten yanmalı motor-test düzeneğine sahip laboratuvar şartlarında silindir içi yanma analizi yapılarak, farklı yakıt karışımları ile birlikte etkileri araştırılabilir.

Ayrıca nümerik ve simulasyon çalışmaları ile kapsamlı deneysel veri sonuçları karşılaştırılması, ileride yapılacak olan çalışmalara ışık tutacaktır.

TEŞEKKÜR

Yazar; Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Fatih Mehmet Emen'e çalışmaya vermiş olduğu katkılarından dolayı teşekkür eder.

KISALTMALAR

| | |
|---|--|
| AC | Alternatif Akım |
| ÖYT | Özgül Yakıt Tüketimi |
| CO | Karbonmonoksit |
| CO ₂ | Karbondioksit |
| C ₁₁ H ₁₀ BrN ₃ O ₂ S | N-(2-amino-5-bromo-1,2-dihydropyridine-1-carbonothioyl)furan-2-carboxamide chlorobenzamide |
| DC | Doğru Akım |
| HC | Hidrokarbon |
| PM | Partikül Madde |
| NOx | Nitrik Oksit |
| λ | Lambda |



KAYNAKLAR

- Abdelhamid, A., Elsaghiera, A., Aref, S., Gad, M., Ahmed, N., & Abdel-Raheem, S. H. A. A. (2021). Preparation and biological activity evaluation of some benzoylthiourea and benzoylurea compounds. *Current Chemistry Letters*, 10(4), 371-376.
- Abu-Melha, K. S., & El-Metwally, N. M. (2008). Spectral and thermal studies for some transition metal complexes of bis (benzylthiocarbohydrazone) focusing on EPR study for Cu (II) and VO₂⁺. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 70(2), 277-283.
- Al-Hazmi, G. A., El-Metwally, N. M., El-Gammal, O. A., & El-Asmy, A. A. (2008). Synthesis, spectral characterization and eukaryotic DNA degradation of thiosemicarbazones and their platinum (IV) complexes. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 69(1), 56-61.
- El-Ayaan, U., El-Metwally, N. M., Youssef, M. M., & El Bialy, S. A. (2007). Perchlorate mixed-ligand copper (II) complexes of β-diketone and ethylene diamine derivatives: thermal, spectroscopic and biochemical studies. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 68(5), 1278-1286.
- El-Metwally, N. M., Gabr, I. M., El-Asmy, A. A., & Abou-Hussen, A. A. (2006). Spectral, magnetic, electrical and thermal studies on malonyl bis (thiosemicarbazide) complexes. *Transition Metal Chemistry*, 31, 71-78.
- Gorski K., Smigins R., Longwic R., (2020). Research on Physico-Chemical Properties of Diethyl Ether/Linseed Oil Blends for the Use as Fuel in Diesel Engines. *Energies*.13:6564.
- Graser, M., Kopacka, H., Wurst, K., Müller, T., & Bildstein, B. (2013). Structurally diverse pyridyl or quinolyl enolato/enamido metal complexes of Li, Zr, Fe, Co, Ni, Cu and Zn. *Inorganica Chimica Acta*, 401, 38-49.
- Gumus, I., Solmaz, U., Binzet, G., Keskin, E., Arslan, B., & Arslan, H. (2019). Supramolecular self-assembly of new thiourea derivatives directed by intermolecular hydrogen bonds and weak interactions: crystal structures and Hirshfeld surface analysis. *Research on Chemical Intermediates*, 45, 169-198.
- Günaydin, S., Uyumaz, A., Kocakulak, T., Coşman, S., Solmaz, H., & Aksoy, F. (2024). Evaluation of dibutyl maleate/diesel blends on combustion, performance and emissions in a DI diesel engine. *Applied Thermal Engineering*, 236, 121520.
- Heywood, J.B. *Internal Combustion Engine Fundamentals*, McGraw-Hill Publishing Company; New York, 1988.
- Holman, J.P., *Experimental Methods for Engineers*, McGraw Hill eight edition, Newyork, 2001.
- Kalem, E., & Erbil, A. G. A. R. (2022). Tiyürelerin tüberküloz tedavisinde kullanımı. *Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 16(64), 239-262.
- Karthick, M., Logesh, K., Baskar, S., & Sharma, A. (2022). Performance and emission characteristics of single-cylinder diesel engine fueled with biodiesel derived from cashew nut shell. In *Advancement in Materials, Manufacturing and Energy Engineering, Vol. II: Select Proceedings of ICAMME 2021* (pp. 521-529). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Keskin, E., Solmaz, U., Gumus, I., & Arslan, H. (2022). Di- and tetra-nuclear oxorhenium (V) complexes of benzoylthiourea derivative ligands: Synthesis, structural characterization, and catalytic applications. *Polyhedron*, 219, 115786.
- Keskin, E., Solmaz, U., Binzet, G., Gumus, I., & Arslan, H. (2018). Synthesis, characterization and crystal structure of platinum (II) complexes with thiourea derivative ligands. *European Journal of Chemistry*, 9(4), 360-368.
- Keskin, A., Ocakoglu, K., Resitoglu, I. A., Avsar, G., Emen, F. M., & Buldum, B. (2015). Using Pd (II) and Ni (II) complexes with N, N-dimethyl-N'-2-chlorobenzoylthiourea ligand as fuel additives in diesel engine. *Fuel*, 162, 202-206.
- Keskin, A., Yaşar, A., Yıldızhan, Ş., Uludamar, E., Emen, F. M., & Külcü, N. (2018). Evaluation of diesel fuel-biodiesel blends with palladium and acetylferrocene based additives in a diesel engine. *Fuel*, 216, 349-355.
- Kumar, C., Rana, K. B., Tripathi, B., & Nayyar, A. (2018). Properties and effects of organic additives on performance and emission characteristics of diesel engine: a

Buji İle Ateşlemeli Bir Motorda Benzoiltiyüüre Türevi Yakıt Katkısının Motor Performansı ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin İncelenmesi

- comprehensive review. *Environmental science and pollution research*, 25, 22475-22498.
- Kumar D.S., Murugesan S., (2023). Experimental Investigation on Impact of Diethyl Ether Additives with Cashew Nut Shell Liquid Biodiesel Blends on Performance Characteristics of Engine Operating at Optimum Conditions. *Emission Control Science and Technology.*; 9:66-75.
- Kurt, G. (2008) yeni şelatlaştırıcı reçinelerin sentezi, uygulama alanlarının araştırılması, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Konya.
- Kurt, G. (2019). Synthesis of new poly-benzoylthiourea and thermal and surface properties. *Journal of Polymer Research*, 26(9), 232.
- Mofat, R.J. (1985). Using uncertainty analysis in the planning of an experiment. *J Fluids Eng.* 107(2), 173-178.
- Mukiza, J., Braband, H., Bolliger, R., Blacque, O., Alberto, R., & Nkurunziza, J. B. (2021). A novel benzoylthiourea derivative with a triazinethione moiety: Synthesis and coordination with the organometallic fac-[Re (CO) 3]+ core. *Inorganica Chimica Acta*, 516, 120116.
- Refat, M. S., & El-Metwaly, N. M. (2012). Spectral, thermal and biological studies of Mn (II) and Cu (II) complexes with two thiosemicarbazide derivatives. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 92, 336-346.
- Saeed, A., Flörke, U., & Erben, M. F. (2014). A review on the chemistry, coordination, structure and biological properties of 1-(acyl/aroyl)-3-(substituted) thioureas. *Journal of Sulfur Chemistry*, 35(3), 318-355.
- Schmitt, B., Gerber, T. I. A., Hosten, E., & Betz, R. (2012). Monomeric/dimeric complexes of fac-[Re (CO) 3]+ with benzoylthiourea derivatives. *Inorganic Chemistry Communications*, 24, 136-139.
- Siddartha, G. N. V., Ramakrishna, C. S., Kujur, P. K., Rao, Y. A., Dalela, N., Yadav, A. S., & Sharma, A. (2022). Effect of fuel additives on internal combustion engine performance and emissions. *Materials Today: Proceedings*, 63, A9-A14.
- Sievers, H., & Schuster, M. (2014). Long-term monitoring of palladium and platinum contents in road dust of the city of Munich, Germany. In *Platinum metals in the environment* (pp. 187-198). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Sharma, A., & Murugan, S. (2022). Combustion analysis of a diesel engine run on non-conventional fuel at different nozzle injection pressure. In *Innovations in Energy, Power and Thermal Engineering: Select Proceedings of ICITFES 2020* (pp. 109-118). Springer Singapore.
- Solmaz, U., Ince, S., Yılmaz, M. K., & Arslan, H. (2022). Conversion of monodentate benzoylthiourea palladium (II) complex to bidentate coordination mode: Synthesis, crystal structure and catalytic activity in the Suzuki-Miyaura cross-coupling reaction. *Journal of Organometallic Chemistry*, 973, 122374.
- URL-1 (2023). Tüpraş,2023.https://www.tupras.com.tr/uploads/Urunler_en/UNLEADED_MOTOR_GA-SOLINE_95_ROM-243.pdf, (Erişim Tarihi 20.10.2023).
- Yang, W., Liu, H., Li, M., Wang, F., Zhou, W., & Fan, J. (2012). Synthesis, structures and antibacterial activities of benzoylthiourea derivatives and their complexes with cobalt. *Journal of inorganic biochemistry*, 116, 97-105.
- Yeşilkaynak, T., Özkömeç, F. N., Çeşme, M., Demirdöğen, R. E., Kutlu, E., Kutlu, H. M., & Emen, F. M. (2022). Synthesis of new thiourea derivatives and metal complexes: Thermal behavior, biological evaluation, in silico ADMET profiling and molecular docking studies. *Journal of Molecular Structure*, 1269, 133758.
- Uyumaz, A. (2023). Experimental Research With Diethyl Ether on Engine Performance and Emissions in a Spark Ignition Engine. *International Journal of Automotive Science And Technology*, 7(3), 167-174.
- Zahra, U., Saeed, A., Fattah, T. A., Flörke, U., & Erben, M. F. (2022). Recent trends in chemistry, structure, and various applications of 1-acyl-3-substituted thioureas: a detailed review. *RSC advances*, 12(20), 12710-12745.

ChatGPT with Risks and Opportunities

Tarık KABAK ^{1*}, İsmail KIRBAŞ ²^{1*}Burdur Mehmet Akif Ersoy University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Computer Engineering, Burdur-Turkey²Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Computer Engineering, Burdur-Turkey

Geliş Tarihi (Received): 27.03.2023, Kabul Tarihi (Accepted): 11.07.2023

✉ Sorumlu Yazar (Corresponding author*): tkabak@mehmetakif.edu.tr

☎ +90 248 2131250 📠 +90 248 2131251

ABSTRACT

Today, as a result of significant advances in Artificial Intelligence (AI), technology giants such as Google, Microsoft, Apple and many other companies or institutions use and continue to develop artificial intelligence models for specific purposes. Different artificial intelligences, which are continuously trained using long and various training methods, are customized for specific purposes and serve to provide benefits in those areas. ChatGPT, a chatbot being developed by OpenAI, which we have started to hear a lot about recently, has the potential to significantly change the way we interact with technology. The most important skill of the ChatGPT chatbot is its ability to understand texts, images and generate new texts with high accuracy, even almost human-like, with the help of the huge amount of data it processes during its training. In this paper, we present an overview of the developments in the Large Language Model (LLM), ChatGPT (Generative Pre-trained Transformer), which has been the subject of much debate, concern, and even conspiracy theories, and the benefits or problems it may cause. This opens up ground-breaking possibilities for the areas of Natural Language Processing (NLP) and Natural Language Understanding (NLU). Built on the GPT language model, ChatGPT offers a wide range of possibilities, from law to medicine, from mathematics to finance, from academic article writing to language translation and even security vulnerability detection.

Keywords: Artificial Intelligence, chatbot, ChatGPT, Large Language Model, Natural Language Processing.

Riskleri ve Fırsatları ile ChatGPT

ÖZ

Günümüzde Yapay Zeka (Artificial Intelligence-AI) alanındaki önemli ilerlemeler sonucunda Google, Microsoft ve Apple gibi teknoloji devleri ve daha birçok firma ya da kurum belirli amaçlar için yapay zeka modellerini kullanmakta ve geliştirmeye de devam etmektedir. Uzun ve çeşitli eğitim yöntemleri kullanılarak sürekli olarak eğitilen farklı yapay zekalar, belirli amaçlara yönelik özelleştirilerek o alanlarda fayda sağlanmaları amacıyla hizmet vermektedir. Son günlerde özellikle adını sıkça duymaya başladığımız, OpenAI firması tarafından geliştirilmekte olan ChatGPT isimli sohbet botu; teknoloji ile etkileşimimizi önemli ölçüde değiştirebilecek potansiyele sahiptir. ChatGPT sohbet botunun en önemli becerisi; eğitimi sırasında işlediği çok büyük miktarda verinin de yardımıyla yüksek doğrulukta, hatta neredeyse insana yakın denebilecek ölçüde metinleri anlayıp yeni metinler üretebilmesidir. Birçok tartışmalara, kaygılara, hatta komplo teorilerine konu olan ChatGPT (Generative Pre-trained Transformer-GPT-Önceden Eğitilmiş Üretken Dönüştürücü) olarak adlandırılan büyük dil modeli (Large Language Model-LLM) konusundaki gelişmeler ve sağlayabilecekleri faydalara veya yol açabilecekleri sorunlara dair bir değerlendirme sunulmaktadır. Bu sayede de doğal dil işleme (Natural Language Processing-NLP) ve doğal dil anlama (Natural Language Understanding-NLU) alanlarında devrimsel olasılıklar sunmaktadır. GPT dil modeli üzerine inşa edilen ChatGPT'nin sunduğu bu olasılıklar

içerisinde hukuktan tıpa, matematikten finansa, akademik makale yazımından dil tercüme işlemlerine hatta güvenlik açıklarının tespitine kadar geniş bir yelpaze bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Büyük Dil İşleme, ChatGPT, Doğal Dil İşleme, sohbet, Yapay Zekâ.

INTRODUCTION

Today, increasing developments in the field of artificial intelligence bring to light some concerns as well as a great potential. Considering what artificial intelligence models can and can do, both results are undeniable. For example, the impact of AI models on the education workforce raises concerns about what to teach and how to teach future generations (Zhai, 2021). In addition, in recent years, artificial intelligence has also shown the potential to partially, in some cases fully replace, creative work, such as academic writing, coding,

and art, which is usually performed only by talented professionals (Li et al., 2022).

Several artificial intelligence models, represented in Figure 1, were developed and trained for certain tasks. Each model undergoes various trainings in order to fulfill the targeted operations. These trainings generally differ according to the input and output relationship. Even models trained on the same input and output formats may have different training processes.

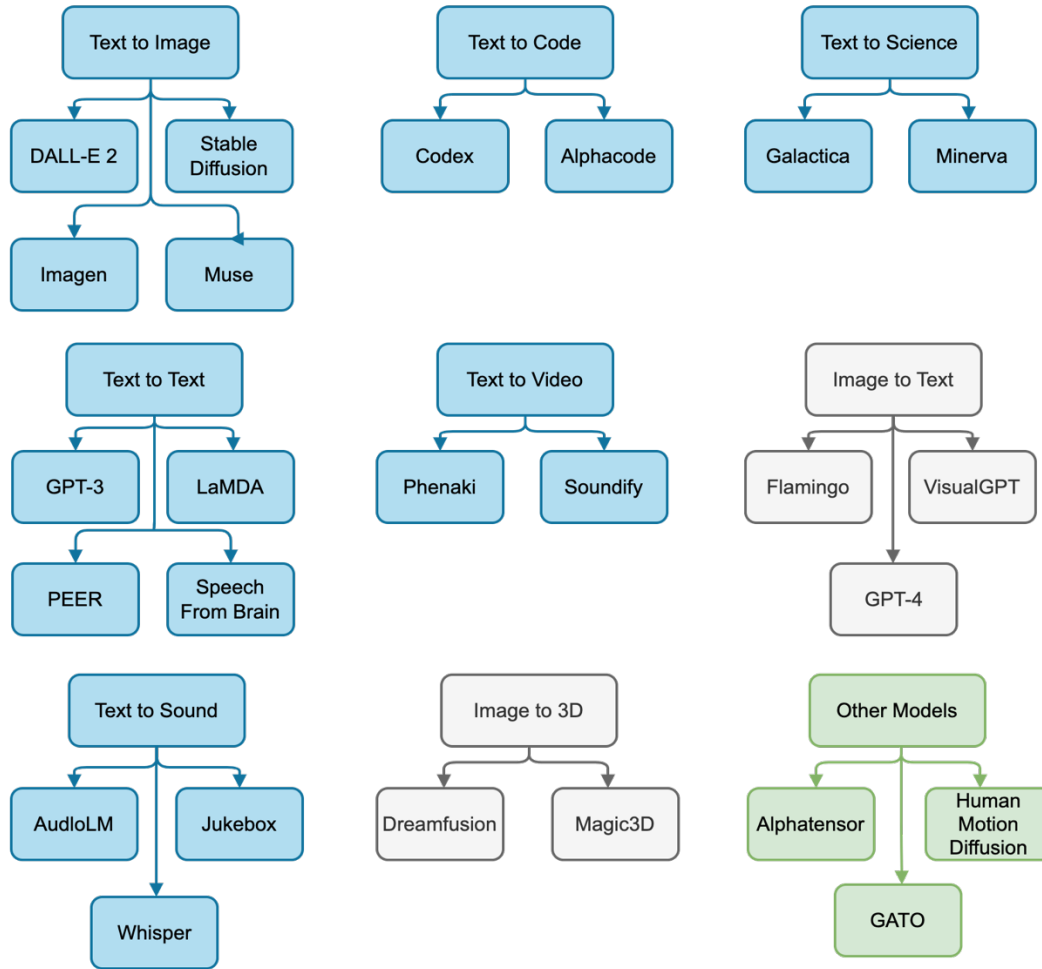


Figure 1. Some artificial intelligence models according to input and output formats

ChatGPT with Risks and Opportunities

This study focuses on ChatGPT, which is considered today's one of the most intelligent artificial intelligence models and has brought many debates, to draw a general framework about language models, to examine the capabilities of ChatGPT, which uses one of the language models, the big language model, to understand its limits and to focus on its potential in areas such as finance, education, health, law, coding, and even academic writing, as well as the risks it may bring in similar or different areas.

One of the sub-fields of artificial intelligence is natural language processing. As a result of the widespread use of the internet around the world, the amount of data uploaded to the internet environment is increas-

ing day by day with the increase in the number of users. As an inevitable result of this situation, with the proliferation and proliferation of large datasets and the ease of access to these datasets, researchers have developed artificial intelligence models that can provide conversational responses that they train with the help of these easily accessible datasets.

Today, there are dozens of AI models that have been trained in different ways for different purposes by many different developers and released to the market. Figure 2 shows some of the most well-known of these artificial intelligence models developed according to their release dates.

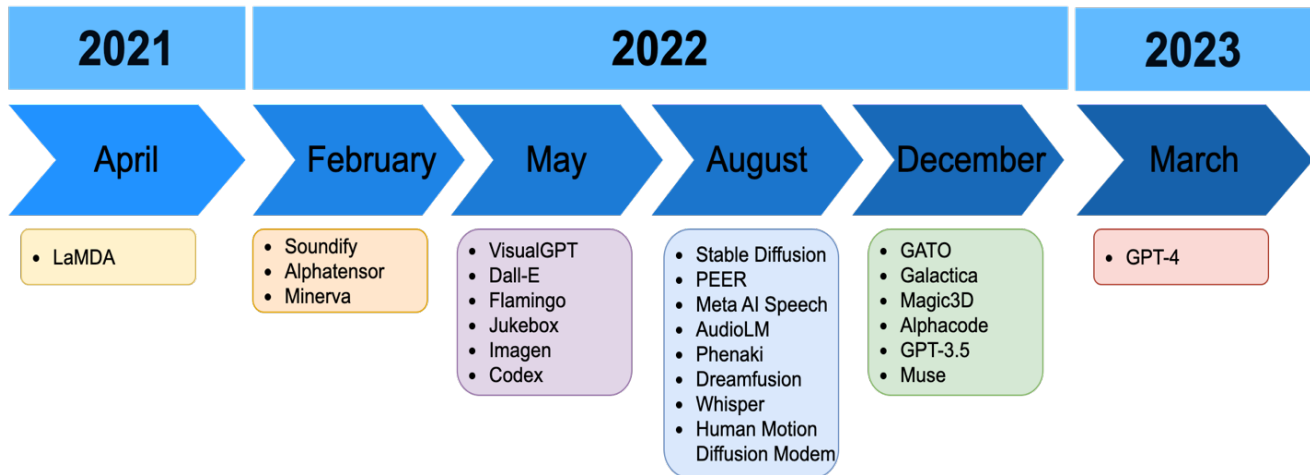


Figure 2. Some of the AI models according to their release dates

Technology companies such as Google, Apple, Nvidia, OpenAI train different artificial intelligence models for different purposes in line with their own goals. Figure 3 shows which companies have developed popular artificial intelligence models.

Although different models are used for language training, one of the most widely used models is the large

language model. The ability of the big language model is to read texts, interpret images, translate them when necessary to understand them, and predict the next word in a sentence to be written in order to write and comprehend them in a similar way to humans. Perhaps the most popular artificial intelligence model using this type of model is the language model called GPT, which was also based on the ChatGPT chatbot.

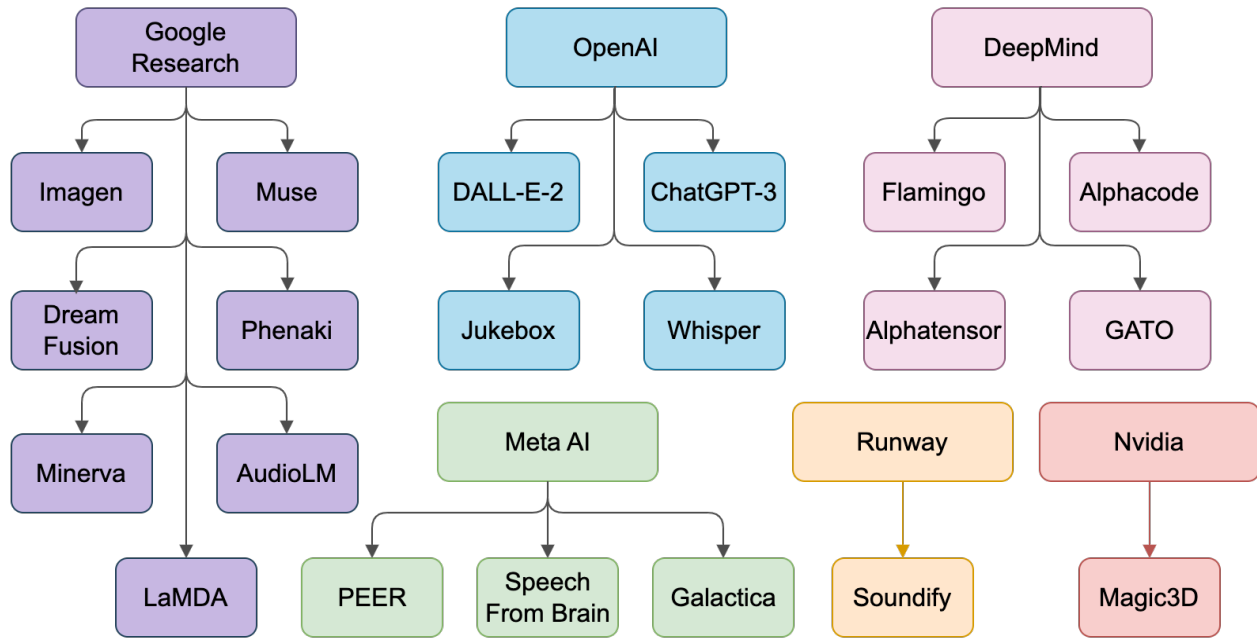


Figure 3. Some AI models organized according to their developers

A Closer Look At The Chatgpt Model

The ChatGPT chatbot which is a general-purpose chatbot was developed by OpenAI, a technology company founded in 2015 in Silicon Valley, using a large language model using large amounts of human-generated text, and released on March 14, 2023 (ChatGPT LLM, 2023). Until the final release, the ChatGPT and OpenAI roadmap is given in Figure 4. ChatGPT was trained using more than 40 terabytes of text. By simple math, this corresponds to close to 40 million books in kindle format (Rudolph, et al., 2023). However, GPT-4, the latest version of the ChatGPT model released at the time of this study, is about 570 times these values.

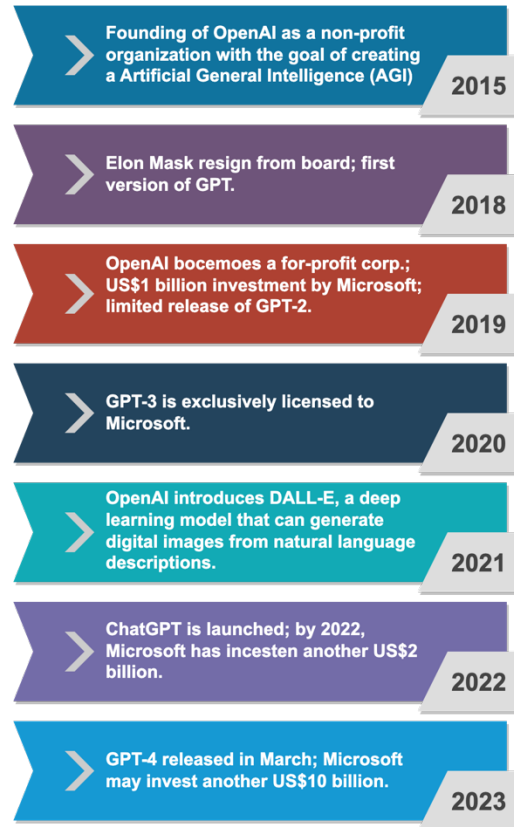


Figure 4. GPT and ChatGPT roadmap with OpenAI (OpenAI Company, 2023)

ChatGPT with Risks and Opportunities

The ChatGPT model is capable of natural conversations on a wide range of topics, designed to generate human-like text with specific inputs or chat effects (Zhai, 2022). Unlike its predecessor language model, some of its training is done through reinforcement learning through human feedback. In this way, the quality of the responses is ranked in order to fine-tune the model using Proximal Policy Optimization. Thanks to this new approach, ChatGPT is able to answer follow-up queries, accept incorrect answers and reject inappropriate queries. Figure 5 shows the training steps of the GPT model. While GPT-1 used a model with 117 million parameters, this number reached 175 billion for GPT-3 (ChatGPT LLM, 2023). For GPT-4, which was released in March and is currently the latest version, this number (although not published by OpenAI) is estimated to be around 100 trillion. The ChatGPT artificial

intelligence model is one of the most well-known models, along with LaMDA, PEER and Speech From Brain, which can take text input and produce text output, as can be seen in Figure 1.

Since the release of its last version, ChatGPT has been one of the artificial intelligence models that has been in the center of attention. The following figure, Figure 6, shows the historical distribution of the total number of queries for the words “chatgpt”, “gpt” and “gpt4” and variants from Türkiye and worldwide using the Google search engine between November 1, 2022 and March 25, 2023 (Gpt4 Türkiye, 2023; Gpt-4 Türkiye, 2023; Gpt Türkiye, 2023; Gpt4 Worldwide, 2023; Gpt-4 Worldwide, 2023; Gpt Worldwide, 2023) .

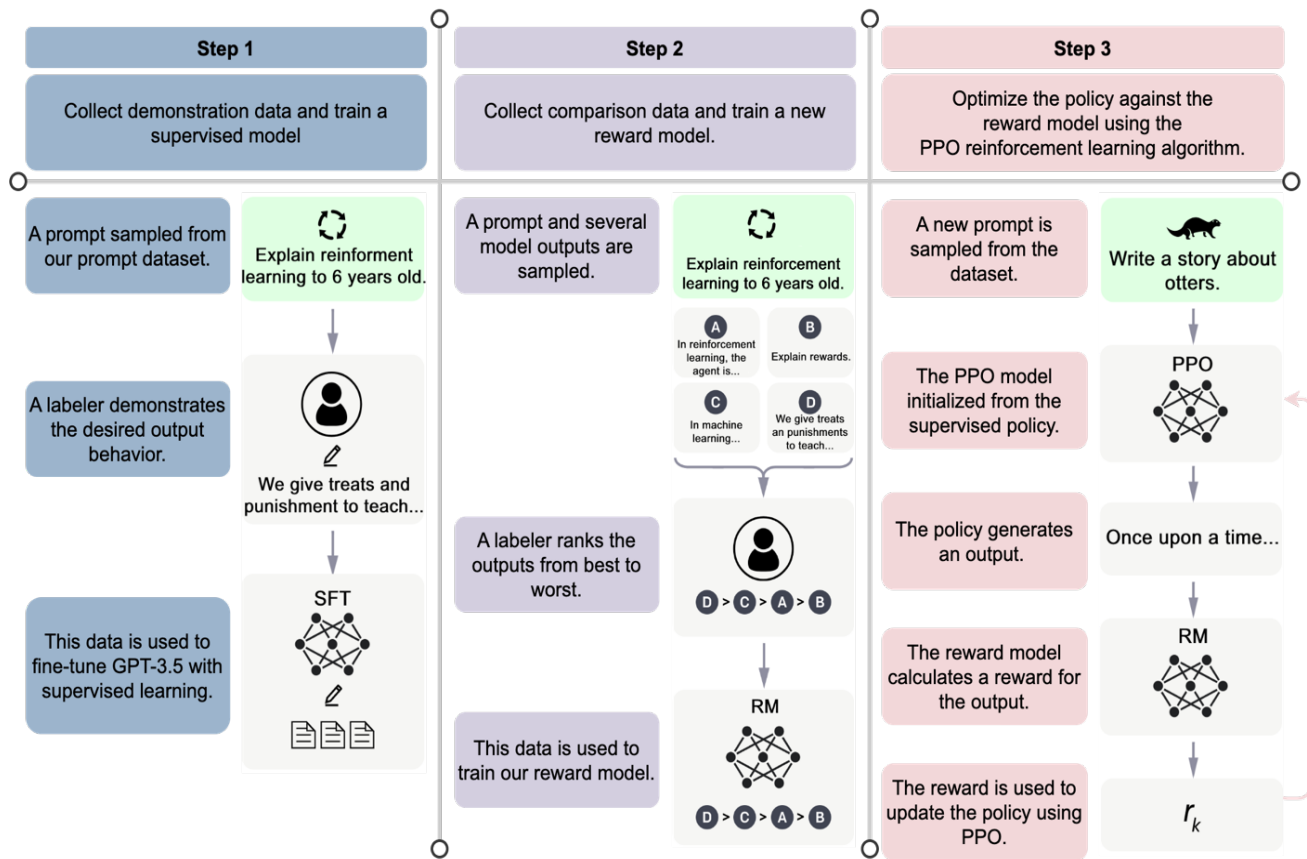


Figure 5. Training steps of the GPT language model (ChatGPT LLM, 2023)

ChatGPT with Risks and Opportunities

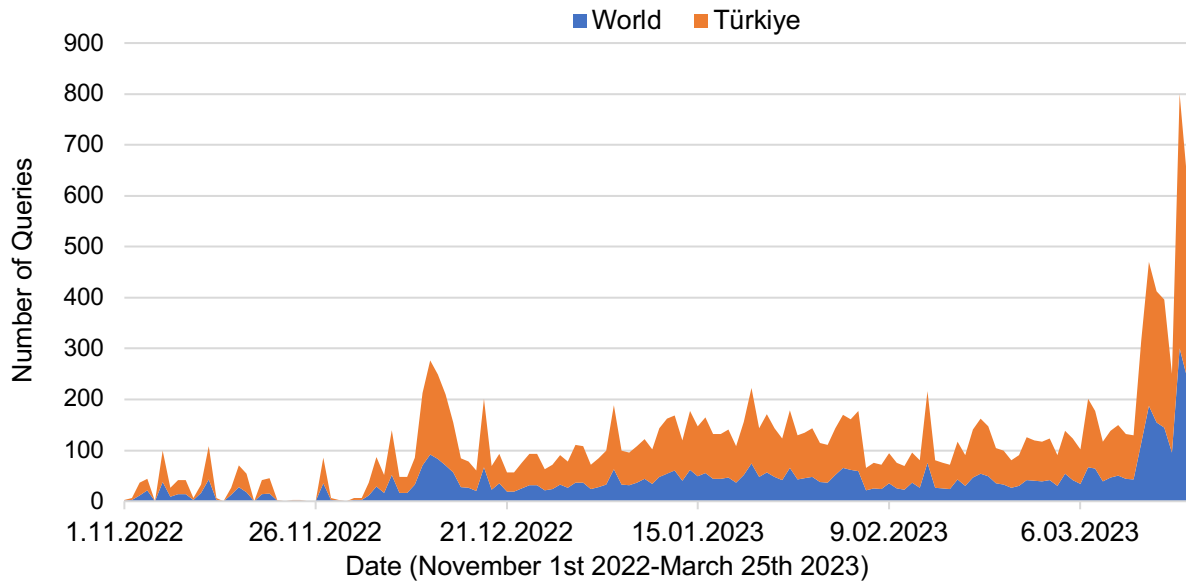


Figure 6. Between November 1, 2022 and March 25 2023, historical distribution of the total number of "chatgpt", "gpt", and "gpt4" queries using the Google search engine from Türkiye and around the world.

In general, the most important factor that determines the capabilities of language models and the limits of their performance is used the number of parameters in their training. The higher the comprehension and interpretation capabilities of language models when the

more parameters used. Table 1 shows the number of parameters used in the training of some popular language models and their release dates.

Table 1. Release dates of different large language models and the number of parameters used for their training.

| Model | BERT | GPT-1 | GPT-2 | T5 | TuringNLG | GPT-3 | GPT-4 |
|--------------------|------|-------|-------|-------|-----------|--------|--------------|
| Parameter Numbers* | 340 | 117 | 1200 | 11000 | 17000 | 175000 | ~10000000000 |
| Release Dates | 2018 | 2018 | 2019 | 2019 | 2020 | 2022 | 2023 |

*Million pieces

From GPT-3.5 to GPT-4: Improvements

GPT-4, the latest version of the GPT language model, offers several important improvements and developments compared to its successor GPT-3.5. Some of these are as follows.

Complexity: One of the most significant new capabilities of GPT-4 is its ability to comprehend more complex and nuanced prompts. According to OpenAI, GPT-4 demonstrates human-level performance on a variety of academic and professional benchmarks (GPT-4, 2023).

This was demonstrated by subjecting GPT-4 to a variety of human-level examinations and standardized tests, such as the SAT, GRE, and BAR, without any specific training. GPT-4 not only comprehended and completed these tests with relatively high overall scores, but it also outperformed its predecessor, GPT-3.5. The ability to comprehend more complex input prompts is also helped by GPT-4's significantly increased word limit. The new model can handle up to 25,000 words input prompts, whereas GPT-3.5 was limited to 8,000 words.

Multimodal Capabilities: The prior version of ChatGPT only supported text prompts. In contrast, one

ChatGPT with Risks and Opportunities

of the most recent characteristics of GPT-4 is its multi-modal capabilities. The model can respond to both textual and visual prompts. This indicates that the ChatGPT can accept an image as input and interpret and comprehend it in the same manner as a text prompt. This feature covers all sizes and types of images and text, including documents that combine the two, hand-drawn sketches, and screenshots.

Safety: OpenAI spent approximately six months making GPT-4 more secure and fine-tuned. In comparison to GPT-3.5, the company claims that it is 82% less likely to respond to requests for inappropriate or otherwise prohibited content, 29% more likely to respond to sensitive requests in accordance with OpenAI's policies, and 40% more likely to produce factual responses (GPT-4, 2023).

It's not perfect, and you should still expect it to make nonsense from time to time and to be incorrect in its predictions, so ChatGPT still should not be trusted blindly.

Performance Improvements: In addition to evaluating the performance of the ChatGPT model on human exams, OpenAI also evaluated the chatbot using traditional machine learning benchmarks.

It is asserted that GPT-4 significantly outperforms existing LLMs and other cutting-edge models. In addition to the MMLU, these benchmarks include the AI2 Reasoning Challenge (ARC), WinoGrande, HumanEval, and Drop, which all assess individual capabilities (OpenAI, 2023).

ChatGPT's Capabilities and Opportunities

ChatGPT and all other artificial intelligence models are ultimately developed to make people's lives easier, directly or indirectly. The benefits and opportunities it can provide will also be in written form, as it is basically a chatbot model that is trained as text-to-text. While with GPT-3.5, ChatGPT was basically only capable of text-to-text processing, with GPT-4, it has gained the ability to process image-to-text. Although it is not yet

clear to what extent it can provide opportunities and benefits in which field, there are studies showing that it can provide serious benefits in areas such as finance, education, law and health. Figure 7 shows some of these possibilities.

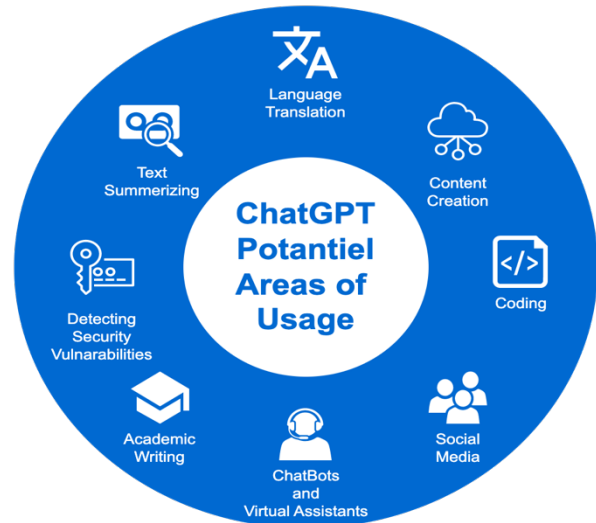


Figure 7. Some examples of potential use cases of the ChatGPT artificial intelligence model

GPT-4 was tested by OpenAI to see how much better it was than the previous language model, GPT-3.5., used by ChatGPT, and the results were better than expected.

The language of many existing ML benchmarks is English. OpenAI used Azure Translate to translate the MMLU (Multi-task Language Understanding) benchmark -a suite of 14,000 multiple-choice problems spanning 57 subjects- into a variety of languages to develop an early sense of language proficiency. GPT-4 outperforms GPT-3.5 and other large language models, including low-resource languages such as Welsh, Latvian and Swahili, in 24 of 26 tested languages. The results of testing GPT with some of these languages are shown in Figure 8.

ChatGPT with Risks and Opportunities

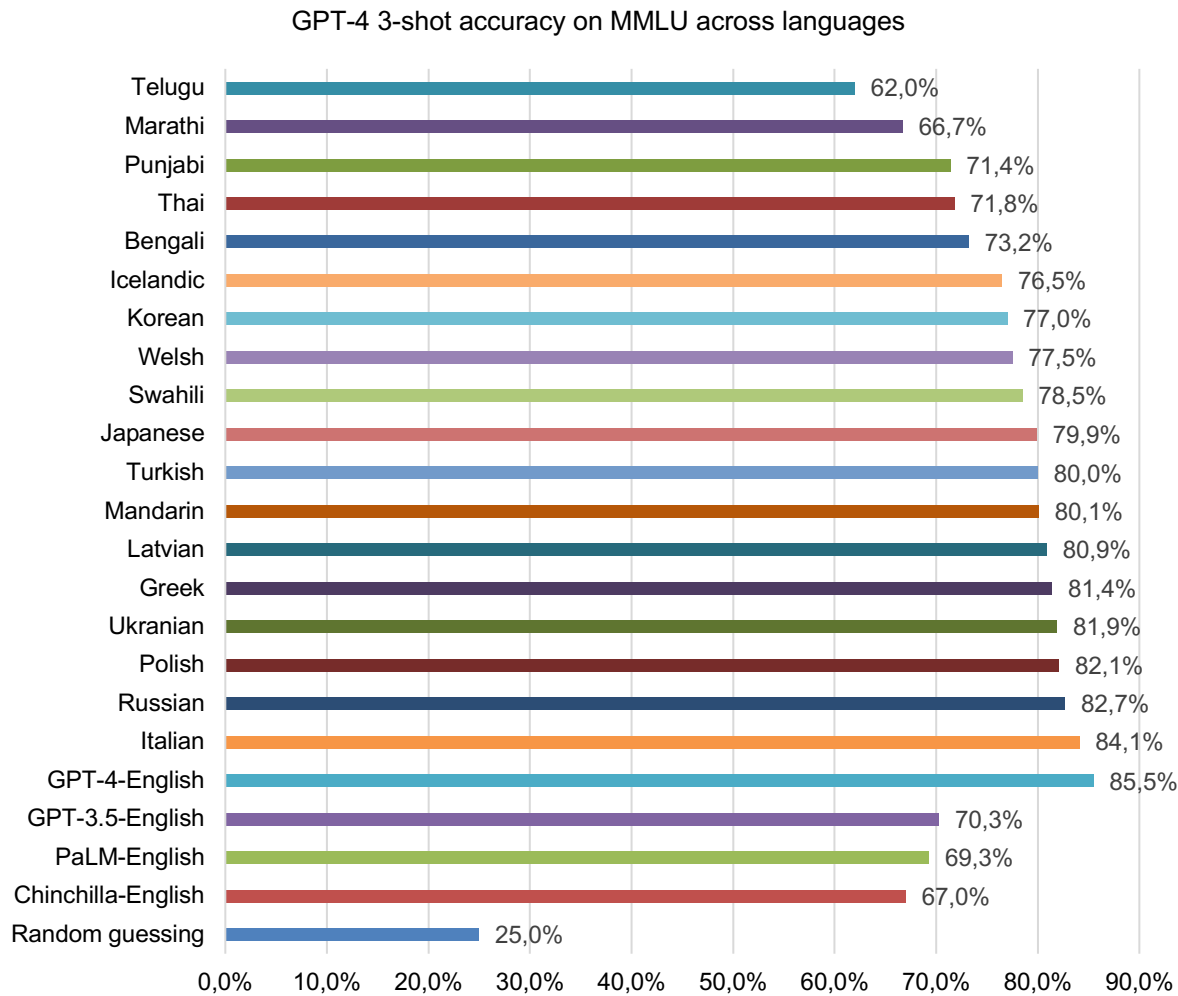


Figure 8. GPT-4 performance on MMLU in a variety of languages compared to prior models in English (GPT-4, 2023)

In a recent educational study, the writing proficiency of the ChatGPT language model was found to be well above that of the average student, and the text was found to be readable, coherent and (relatively) accurate in terms of content, and compared to humans, it was shown to be able to find the information needed more efficiently (Zhai, 2022).

ChatGPT is even referred to as a game-changing artificial intelligence model in terms of the potential opportunities it offers in the field of education (Should Professors Worry?, 2023). Compared to other AI language models such as Meta's language tool PEER or RoBERTa, ChatGPT offers "more creative" answers (ChatGPT AI Chatbot, 2023).

One of the biggest advantages of the ChatGPT language model is its ability to aid research in academic writing. ChatGPT can generate summaries of articles,

highlight key points and even provide citations. This can save researchers a significant amount of time and effort, allowing them to focus on more important tasks such as analysis and interpretation (Aljanabi et al., 2023).

AI models such as ChatGPT can also provide various benefits for practicing lawyers. A lawyer can have the ChatGPT AI model produce an initial draft of a memo and then modify it as needed. The ChatGPT AI model can also be used to generate an initial set of arguments and then sift them down to the most effective ones, or to review older examples of legal documents to make the work more efficient. Pedagogically, law schools should consider how to prepare law students to use these tools most effectively in their practice, while at the same time emphasizing to students that their basic skills in legal research and evaluation cannot be delegated to language models alone. While

ChatGPT and similar tools can help a lawyer to work more efficiently, they cannot replace the need for a lawyer today to find, understand and reason from relevant legal sources (Choi et al., 2023).

The ChatGPT AI model can be used to generate reports and summaries of economic and financial data, making it easier for researchers and analysts to make sense of their findings. It can also be used to generate forecasts and predictions based on historical data, which can be valuable for decision-making processes (Alshater, 2022).

In a standard benchmark test on coding bug fixing, the ChatGPT artificial intelligence model performed similarly to Codex and its own deep learning-based Automated Program Repair (APR), but was much more successful, fixing 19 out of 40 bugs, compared to the standard automated program repair methods, which only fixed 7. In fact, providing more information about the bug improved ChatGPT performance even more, reaching a success rate of 77.5% (Sobania et al., 2023).

The categorization of the answers given by ChatGPT for the issues received from QuixBugs is as in Figure 9 below. (QuixBugs, 2023).

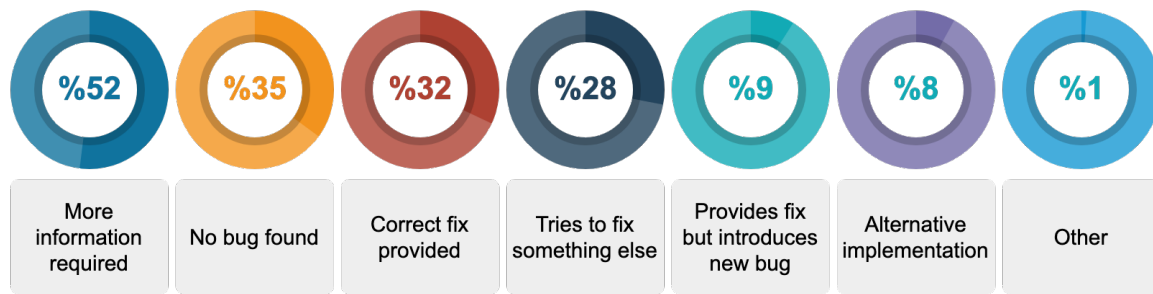


Figure 9. Classification of responses to problems from QuixBugs by the ChatGPT artificial intelligence model (Sobania et al., 2023)

Limitations and Risks of ChatGPT

Even though the ChatGPT artificial intelligence model has been trained with a very large dataset, it is still only capable of the information provided by that dataset. For this reason, it can still produce incomplete or incorrect information output. Sometimes, while it can solve very complex algorithmic problems, it can give incorrect answers to simple math questions. Some of the limits and risks that may occur with ChatGPT are shown in Figure 10.

In a recent study, the ChatGPT artificial intelligence model was able to answer 37.5% of the programming questions correctly. When the characteristics of the wrong answers are analyzed;

- Lack of information
- Faulty assumption
- Lack of information and faulty assumption together

three main reasons stand out (Jalil et al., 2023).

ChatGPT poses a significant threat to the integrity of online exams, especially in higher education where online exams are becoming increasingly common. While these and similar AI models have a high degree of critical thinking skills, they can produce highly realistic texts with very little input, making it possible for students to cheat on exams. Although going back to face-to-face exams is a solution, it is not always possible, and using advanced artificial intelligence text output detection tools can be effective in solving this problem. Unfortunately, such tools are far from providing perfect solutions. More research is needed to fully understand the effects of AI models such as ChatGPT and to develop methods to combat problems such as cheating using these tools. It is crucial that educators and institutions are aware of the risk of ChatGPT being used to cheat and that they take this issue seriously and provide the necessary research and measures to ensure the fairness and validity of online exams for all students (Susnjak, 2022).

In a study to test ChatGPT's mathematical capabilities, it was found that, contrary to media hype, ChatGPT is not yet ready to provide consistently high quality proofs or calculations (Frieder et al., 2023).

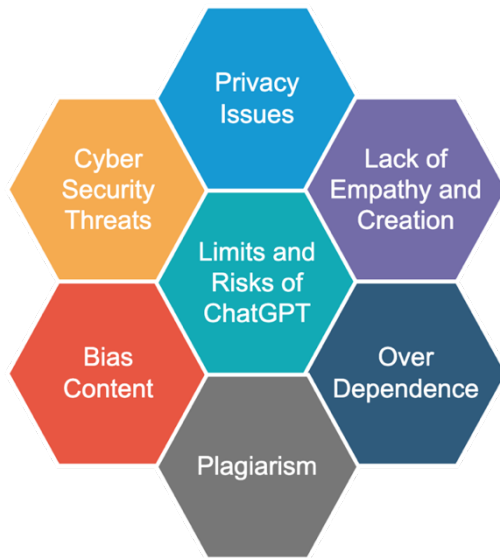


Figure 10. Some examples of ChatGPT limits and risks

Perhaps the most important risk or concern, and one that is mentioned even more frequently than the ones mentioned above, is the extent to which existing professions are sensitive to these developments after every major technological development or breakthrough, of which the ChatGPT artificial intelligence model is a part. These technological breakthroughs, which have been experienced many times from the past to the present, have always caused fear among the masses that technology will sooner or later replace humans. One study has shown that such technological advances are likely to result in the assignment of mainly low-skilled workers to non-technology-sensitive tasks, i.e. tasks that require creativity and social intelligence. But for people to win this race, they will need to acquire or develop creative and social skills (Frey and Osborne, 2017).

In addition to the limits and risks mentioned above, other limits and risks foreseen for the ChatGPT artificial intelligence model can be listed as follows.

- Privacy issues
- Cyber security threat
- Biased content
- Dismissal
- Plagiarism
- Overdependence
- Restricted content
- Lack of empathy
- Lack of creativity
- Contextual limitations

RESULTS AND DISCUSSION

In addition to processing information, artificial intelligence models are more reliable in terms of business execution. They are also very adept at collecting and presenting information. Today, scientific studies are increasingly relying on artificial intelligence models. In order to carry out these scientific studies, scientists and engineers use supercomputers to predict, classify and infer in order to solve complex problems. Since artificial intelligence models are software, the more advanced these computer systems become, the more space artificial intelligence models will have to process bigger data and provide faster and uninterrupted service. In addition, integrating artificial intelligence models into learning tasks in certain domains is critical for the training of artificial intelligence models as it shows how humans solve real-world problems.

As a result of the possibilities offered by the ChatGPT language model, it will be able to break new ground in communication by eliminating the language barrier in human communication, as well as providing incredible convenience to companies and customers in areas such as customer relations. It will be able to identify and summarize the important points of academic articles or books in a very short time, and it will be able to understand and simplify complex questions, which will provide students with significant convenience in their educational lives. ChatGPT has significant power to advance academia and librarianship in new ways that are both disconcerting and exciting (Lund and Wang, 2023).

Apart from education, the ChatGPT artificial intelligence model has also shown that it can pass certain parts of important exams in fields such as medicine, mathematics, economics and law. The ChatGPT artificial intelligence model, which is quite successful in some areas and subjects but insufficient in different subjects, has the ability to achieve much more success if it is provided with much more data resources and its training is concentrated in those areas. In a different study conducted in the field of healthcare, a great potential was seen in using big language models such as ChatGPT to improve patient-centered care in radiology and other medical fields by automatically generating simplified radiology reports by incorporating them into clinical processes (Jeblick et al., 2022).

As it has only been launched relatively recently, it is still too early to get the full picture of what it can do and how well it can do it. Since artificial intelligence models will continue to evolve in direct proportion to the limits of human intelligence, much more research is needed

ChatGPT with Risks and Opportunities

on both human intelligence and artificial intelligence models to better understand which parts of human intelligence can be replaced by artificial intelligence models (Frey and Osborne, 2017).

Despite their inherent limitations, with the right tools and approaches, artificial intelligence and natural language processing technologies have the potential to greatly increase efficiency and effectiveness in many areas, leading to new discoveries and insights and shaping the future (Alshater, 2022).

FUNDING

This study was supported by Burdur Mehmet Akif Ersoy University Scientific Research Projects Commission. Project No: 0886-YL-23.

REFERENCES

- Aljanabi, M., Ghazi, M., Ali, A. H., Abed, A. (2023). ChatGpt: Open Possibilities. *Iraqi Journal for Computer Science and Mathematics*, 4(1). <https://doi.org/10.52866/ijcsm.2023.01.01.0018>
- Alshater, M. (2022). Exploring the Role of Artificial Intelligence in Enhancing Academic Performance: A Case Study of ChatGPT. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4312358>
- ChatGPT AI Chatbot (2023). ChatGPT is a new AI chatbot that can answer questions and write essays. <https://www.cnbc.com/2022/12/13/chatgpt-is-a-new-ai-chatbot-that-can-answer-questions-and-write-essays.html> (Access Date: 02.03.2023)
- ChatGPT LLM (2023). ChatGPT: Optimizing Language Models for Dialogue. <https://openai.com/blog/chatgpt/> (Access Date: 27.02.2023)
- Choi, J. H., Hickman, K. E., Monahan, A., Schwarcz, D. B. (2023). ChatGPT Goes to Law School. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4335905>
- Frey, C. B., Osborne, M. A. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 254–280. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019>
- Frieder, S., Pinchetti, L., Griffiths, R.-R., Salvatori, T., Lukaszewicz, T., Petersen, P. C., Chevalier, A., Berner, J. (2023). *Mathematical Capabilities of ChatGPT* (arXiv:2301.13867). arXiv. <http://arxiv.org/abs/2301.13867>
- GPT-4 (2023). GPT-4 OpenAI. <https://openai.com/research/gpt-4> (Access Date: 25.03.2023)
- Gpt4 Türkiye (2023). Google Trendler. <https://trends.google.com/trends/explore?date=2022-11-01%202023-03-25&geo=TR&q=gpt4&hl=tr> (Access Date: 25.03.2023)
- Gpt4 Worldwide (2023). Google Trendler. <https://trends.google.com/trends/explore?date=2022-11-01%202023-03-25&q=gpt4&hl=tr> (Access Date: 25.03.2023)
- Gpt-4 Türkiye (2023). Google Trendler. <https://trends.google.com/trends/explore?date=2022-11-01%202023-03-25&geo=TR&q=gpt4&hl=tr> (Access Date: 25.03.2023)
- Gpt-4 Worldwide (2023). Google Trendler. <https://trends.google.com/trends/explore?date=2022-11-01%202023-03-25&q=gpt4&hl=tr> (Access Date: 25.03.2023)
- Jalil, S., Rafi, S., LaToza, T. D., Moran, K., Lam, W. (2023). *ChatGPT and Software Testing Education: Promises & Perils* (arXiv:2302.03287). arXiv. <http://arxiv.org/abs/2302.03287>
- Jeblick, K., Schachtner, B., Dexl, J., Mittermeier, A., Stüber, A. T., Topalis, J., Weber, T., Wesp, P., Sabel, B., Ricke, J., Ingrisich, M. (2022). *ChatGPT Makes Medicine Easy to Swallow: An Exploratory Case Study on Simplified Radiology Reports* (arXiv:2212.14882). arXiv. <http://arxiv.org/abs/2212.14882>
- Li, Y., Choi, D., Chung, J., Kushman, N., Schrittwieser, J., Leblond, R., Eccles, T., Keeling, J., Gimeno, F., Lago, A. D., Hubert, T., Choy, P., d'Autume, C. de M., Babuschkin, I., Chen, X., Huang, P.-S., Welbl, J., Goyal, S., Cherepanov, A., Vinyals, O. (2022). Competition-Level Code Generation with AlphaCode. *Science*, 378(6624), 1092–1097. <https://doi.org/10.1126/science.abq1158>
- Lund, B. D., Wang, T. (2023). Chatting about ChatGPT: How may AI and GPT impact academia and libraries? *Library Hi Tech News*. <https://doi.org/10.1108/LHTN-01-2023-0009>
- OpenAI (2023). GPT-4 Technical Report (arXiv:2303.08774). arXiv. <http://arxiv.org/abs/2303.08774>
- OpenAI Company (2023). About OpenAI. <https://openai.com/about/> (Access Date: 21.02.2023)
- QuixBugs (2023). QuixBugs Benchmark. <https://jkoppel.github.io/QuixBugs/> (Access Date: 02.03.2023)
- Rudolph, J., Tan, S., Tan, S. (2023). ChatGPT: Bullshit spewer or the end of traditional assessments in higher education? *Journal of Applied Learning & Teaching*, 6(1). <https://doi.org/10.37074/jalt.2023.6.1.9>
- Should professors worry? (2023). AI bot ChatGPT writes smart essays. <https://www.nature.com/articles/d41586-022-04397-7> (Access Date: 28.02.2023)
- Sobania, D., Briesch, M., Hanna, C., Petke, J. (2023). *An Analysis of the Automatic Bug Fixing Performance of ChatGPT* (arXiv:2301.08653). arXiv. <http://arxiv.org/abs/2301.08653>
- Susnjak, T. (2022). *ChatGPT: The End of Online Exam Integrity?* (arXiv:2212.09292). arXiv. <http://arxiv.org/abs/2212.09292>
- Zhai, X. (2021). Practices and Theories: How Can Machine Learning Assist in Innovative Assessment Practices in Science Education. *Journal of Science Education and Technology*, 30(2), 139–149. <https://doi.org/10.1007/s10956-021-09901-8>

ChatGPT with Risks and Opportunities

Zhai, X. (2022). ChatGPT User Experience: Implications for Education. *SSRN Electronic Journal*.
<https://doi.org/10.2139/ssrn.4312418>

Recent Studies in the Literature on Nonlinear Control of Platoons and Transitional Maneuvers

Mahmut KENAR 

Department of Electricity and Energy, Ardahan Vocational School of Technical Sciences, Ardahan University, Turkey

Geliş Tarihi (Received): 01.09.2023, Kabul Tarihi (Accepted): 21.11.2023

✉ Sorumlu Yazar (Corresponding author*): mahmutkenar@ardahan.edu.tr

☎ +90 478 2115192 📠 +90 478 2115238

ABSTRACT

Vehicle Platoons consist of a leader vehicle and a group of connected automated vehicles (CAV) that follow the leader at a predetermined inter-vehicle distance and move together at a certain common speed. This topic has been studied extensively in the literature by academicians in recent years. Therefore, a review of the literature on this topic is needed to understand which problems need to be solved and which issues need further study on vehicle platoons. For this reason, this study was conducted to reveal the latest situation on vehicle platoons with existing studies. This paper includes research and evaluation among themselves of artificial intelligence based nonlinear control techniques such as neural network based controllers, sliding mode controllers, back stepping controllers, fuzzy logic based controllers and machine learning, which are primarily used for CAV control. In addition, it consists of reviewing and comparing the methods and techniques used to solve problems related to different problem situations of vehicle platoons such as longitudinal control, lateral control, adding or removing vehicles from vehicle platoons, and communication methods between vehicle platoons. The latest research is reviewed both in examining these methods and techniques used and in applying these control techniques to vehicle platoons' problem situations. In addition, detailed comparisons were made by analyzing the situation of the platoon members, the purpose of the control technique used, and theoretical or practical applications.

Keywords: Vehicle platoon control, Nonlinear control, Platoon maneuver

Araç Takımların Doğrusal Olmayan Kontrolü ve Geçiş Manevraları Hakkında Literatürdeki Son Çalışmalar

öz

Araç Takımları, bir lider araç ve lideri önceden belirlenmiş bir araçlar arası mesafede takip eden ve belirli bir ortak hızda birlikte hareket eden bir grup bağlı otomatik araçtan (CAV) oluşur. Bu konu son yıllarda akademisyenler tarafından literatürde yoğun olarak çalışılmıştır. Bu nedenle, araç takımları konusunda hangi sorunların çözülmesi gerektiğini ve hangi konuların daha fazla çalışılması gerektiğini anlamak için bu konudaki literatürün gözden geçirilmesine ihtiyaç vardır. Bu nedenle bu çalışma, araç müfrezeleri konusundaki son durumu mevcut çalışmalarla ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. Bu makale, öncelikle CAV kontrolünde kullanılan sinir ağı tabanlı kontrolörler, kayan kipli kontrolörler, geri adımlı kontrolörler, bulanık mantık tabanlı kontrolörler ve makine öğrenmesi gibi yapay zeka tabanlı doğrusal olmayan kontrol tekniklerinin kendi aralarında araştırılmasını ve değerlendirilmesini içermektedir. Ayrıca araç takımlarının boylamsal kontrol, yanıl kontrol, araç takımlarına araç ekleme veya çıkarma, araç takımları arasındaki iletişim yöntemleri gibi farklı problem durumlarına ilişkin problemlerin çözümünde kullanılan yöntem ve tekniklerin gözden geçirilmesini ve karşılaştırılmasını içermektedir. Hem kullanılan bu yöntem ve tekniklerin incelenmesinde hem de bu kontrol tekniklerinin araç müfrezelerinin problem durumlarına uygulanmasında en son araştırmalar gözden

geçirilmektedir. Ayrıca müfreze üyelerinin durumları, kullanılan kontrol tekniğinin amacı, teorik veya pratik uygulamaları analiz edilerek detaylı karşılaştırmalar yapıldı.

Anahtar Kelimeler: Araç müfreze kontrolü, Doğrusal olmayan kontrol, Müfreze manevrası

INTRODUCTION

Today, with the developing technology and increasing population, the number of vehicles used on the highways is also increasing. This situation leads to many problems that will negatively affect our lives, such as traffic congestion, air pollution, and traffic accidents Guo et al., (2016); Bayuwindra et al., (2019). At this point, intelligent transportation systems (ITS) have become an important research topic due to their potential to greatly affect road transportation and with the thought that they can be a solution to the problems experienced Li et al., (2017); Wen et al., (2019); Zakerimanesh et al., (2021). In this direction, alternative approaches have been researched and new techniques have been proposed in recent years, depending on smart transportation systems, to eliminate such problems in highways and to use the existing highway infrastructure more efficiently. Vehicle platoons are also a promising ITS application to eliminate these issues Li et al., (2018); Wen et al., (2019). In this respect, both in industrial studies and in academia, vehicle platoons have become an important research topic in saving fuel consumption of vehicles due to the decrease in aerodynamic frictions, preventing traffic congestion, and increasing traffic safety due to the increase in the number of vehicles used on highways Liu et al., (2019); Guo et al., (2020).

The process of creating vehicle platoons is possible with the successful execution of some operations. These operations are of two types, which can be done within the platoon and which cause changes in the structure of the platoon Jin et al., (2020).

- *Operations within the Platoon:* Operations in which ordinary vehicle movements such as acceleration and deceleration, braking, and lane changing are performed while driving Maiti et al., (2017); Maiti et al., (2019).
- *Operations That Change Platoon Structure:* These operations comprise the operations related to the platoon structure such as joining the platoon, splitting from a platoon, platoon merging, and platoon splitting Maiti et al., (2017); Maiti et al., (2019).

The creation of vehicle platoons dates back to the PATH program at the University of California, the USA

in the 1980s Shladover et al., (1991). Later, studies such as SARTE Robinson et al., (2010) and PROMOTE-CHAUFFER Bonnet et al., (2000) in Europe, ENERGY-ITS in Japan Tsugawa et al., (2011), GCDC in the Netherlands Kianfar et al., (2012) and KONVOI in Germany Kunze et al., (2011) it includes the work that has been done to ensure on the creation and control of vehicle platoons.

The main purpose of platoon control in vehicle platoons is to maintain the predetermined distance between the following vehicles and to ensure that the vehicles in this group move at the same speed. In this way, distances between vehicles are shortened, and as a result, both highway capacity is increased, and fuel savings are provided due to reductions in aerodynamic friction. In addition, it provides a more comfortable and safe driving experience by preventing excessive acceleration and deceleration and offers various advantages such as shortening the travel time and reducing the negative environmental effects to a large extent. All of this is possible by ensuring the flow of information between vehicles, as vehicles are in constant communication with each other, and by applying various control algorithms to these vehicles Liang et al., (2015); Zegers et al., (2017); Li et al., (2018); Liu et al., (2019); Wen et al., (2019).

Constant distance (CD) and constant time headway (CTH) policies are the leading methods commonly used in the literature to establish the desired safe driving distance between vehicles in the platoon. The CD policy, it is aimed to maintain the distance between successive vehicles, while in the CTH policy, the spacing between the vehicles does not remain constant and changes, depending on the speed of the leader Beselink et al., (2017); Zakerimanesh et al., (2021). Vehicle control in a platoon is possible by taking into account the processes such as joining the platoon, splitting from a platoon, and changing lanes, as well as longitudinal control, lateral control, problems in communication or delays or changes that may occur in the topology, and all these processes are expressed as platoon transition maneuvers Orosz (2016). In addition, for the vehicles in a platoon to perform a successful maneuver, the vehicle control system should be designed according to a five-layer hierarchical control structure as shown in Figure 1 Horowitz et al., (2000).

Recent Studies in the Literature on Nonlinear Control of Platoons and Transitional Maneuvers

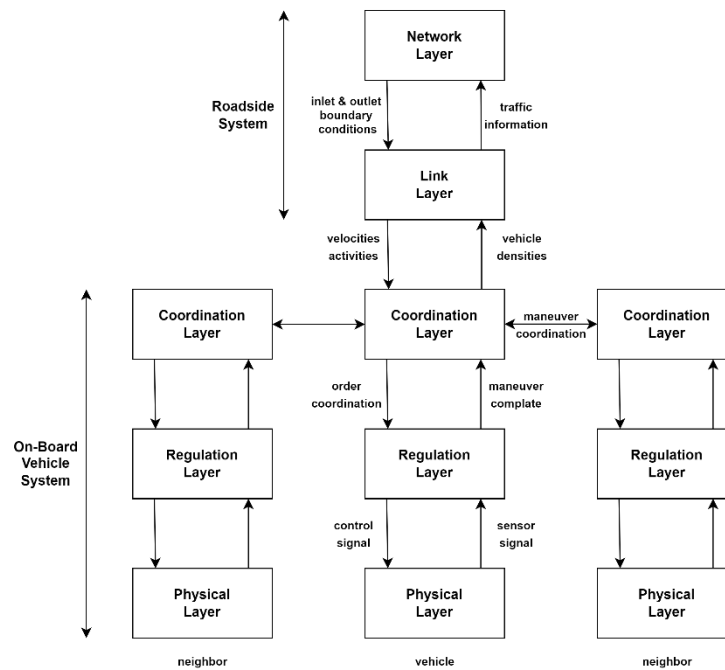


Figure 1. The hierarchical structure of the platoon control system (Horowitz et al., 2000).

I. Layer (Network Layer): This layer is the first layer where road capacity, travel time of vehicles in the platoon, traffic congestion, and traffic flow are controlled.

II. Layer (Link Layer): In this layer, the connection is divided into sections with a section corresponding to each lane, and each link exchanges information with other neighboring connections. In this way, it is aimed to control the traffic flow with data communication between the connections, to minimize the travel time and traffic congestion.

III. Layer (Coordination Layer): This layer is the layer where maneuvering operations such as joining the platoon, splitting from a platoon, and changing lanes, which are expressed as platoon transition maneuvers, are performed. For this, it is necessary to provide data communication between the vehicles in the platoon.

IV. Layer (Regulation Layer): In this layer, the signals received from the coordination layer are used as inputs in the vehicle actuators for the longitudinal and lateral control of the vehicle to perform the desired maneuvers.

V. Layer (Physical Layer): This layer is the layer where the physical components of the vehicle such as sensors, brakes, and steering systems are located. In line

with all these, there are various studies from different aspects of the literature on vehicle platoons. In Jia et al., (2015), a platoon-based driving model has been created and evaluations have been made in terms of increasing the highway capacity, ensuring driving safety and energy efficiency, and analyzing issues such as platoon management, on the inside platoon and inter platoon communication. In Li et al., (2015), a study was carried out on vehicle platoon control techniques according to three main performance criteria such as string stability, coherence behavior, and stability margin. In addition, a general evaluation and analysis of vehicle platoon control techniques are made from the perspective of networked control, basing it on the four basic components of a vehicle platoon system that are related to each other. In Bevely et al., (2016), there are various and detailed studies on longitudinal and lateral control techniques for maneuvering operations such as lane changing and merging. In addition, it is a study that includes simulation and field tests related to vehicle platoons, including control, communication, and positioning systems, other vehicles in the environment, and the effects of different environmental factors on CAV platoons. In Dey et al., (2015), some studies include three important and basic concepts of platoon systems, platoon control, communication, and driver features. There are also discussions and analyses on issues such as the effects of

Recent Studies in the Literature on Nonlinear Control of Platoons and Transitional Maneuvers

driver behavior on platoon communication and traffic composition, including real-world problems. In Bhoopalam et al., (2018), a study was conducted on the classification and investigation of new and various problem situations in transportation planning problems related to a truck platoon. It is also a study in which different situations such as the comparison of a truck platoon with other transportation systems in planning, the effects of human participation in the platoon on the platoon, real time platoon planning, and the creation of a platoon with network design are examined and discussed. In Zhang et al., (2020), there is a study that analyzes and classifies the articles on fuel consumption reduction related to truck platoons. The scope of the study is only about fuel economy, various factors affecting fuel consumption in truck platoons, control methods that should be used to save fuel consumption, and the coordination of truck platoons have been researched. In Fakhfakh et al., (2020), there is a study that systematically investigates the algorithms used during the creation of vehicle platoons and the strategies used in the control of platoon maneuver operations. To evaluate the accuracy and performance of the proposed control algorithms for platoon formation and maneuvering operations, some of the articles in

the literature with simulation and real studies were examined. In Badnava et al., (2021), an analysis and comparison of longitudinal and lateral control algorithms used in performing operations such as platoon joining, splitting from a platoon and changing lanes, which are expressed as platoon transition maneuvers, were made in current articles. The advantages and limitations of these control algorithms are discussed, and different vehicle dynamics are examined according to the homogeneous and heterogeneous structure of platoon members.

To put forth the contributions of this research paper compared to other existing research papers, a comparison has been made in terms of control methods, communication techniques, longitudinal control, lateral control and which are expressed as platoon maneuvers problem situations such as joining the platoon, splitting from a platoon and changing lanes. The results of these comparisons made according to different criteria are given in Table 1. This paper also looks at the latest and most current work on vehicle platoons and analyzes them from various perspectives. In this regard, this article covers studies from 2010 to 2021.

Table 1. Comparison of this research paper with other available papers

| Comparison Criteria | Reference | | | | | | | | |
|------------------------------|--------------------|-------------------|----------------------|--------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|------------------------|-----------------|
| | Jia et al., (2015) | Li et al., (2015) | Bevly et al., (2016) | Dey et al., (2015) | Bhoopalam et al., (2018) | Zhang et al., (2020) | Fakhfakh et al., (2020) | Badnava et al., (2021) | This Paper 2022 |
| Years Range | 2004 2014 | 2009 2015 | 2002 2015 | 2003 2015 | 2008 2017 | 2008 2018 | 2010 2020 | 2010 2020 | 2010 2021 |
| Control Methods | | | | | | | | | ✓ |
| Communication Methods | ✓ | | | | | | ✓ | | ✓ |
| Longitudinal Control | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ | | ✓ | ✓ |
| Lateral Control | | | ✓ | | | | | ✓ | ✓ |
| Join a Platoon | ✓ | | ✓ | | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ |
| Split from a Platoon | ✓ | | | | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ |
| Lane Change | ✓ | | ✓ | | | | ✓ | ✓ | ✓ |

The remaining parts of this paper focus on the nonlinear control methods and techniques used in the control of vehicle platoons and the communication methods used between vehicle platoons. Then operations such as longitudinal control, lateral control, and lane change, which are expressed as maneuver control techniques for vehicle platoons, and control techniques related to platoon operations such as platoon joining, splitting from a platoon, platoon splitting, and platoon merging, which are necessary for the management of vehicle platoons according to these techniques. In the end discusses the summary identifying current issues and open issues for future work and contains the conclusion part.

NONLINEAR CONTROL METHODS USED in THE CONTROL of VEHICLE PLATOONS

In this section, the most commonly used nonlinear control techniques are examined to solve the problems related to different problem situations of vehicle platoons such as longitudinal control, lateral control, adding or removing vehicles from a platoon, and communication methods between vehicle platoons.

I. Sliding Mode Controllers (SMC)

It is a method that is a variable structure control technique in general and is based on the Lyapunov stability theorem. It is an effective control technique based on changing the structure of the controller to reach the desired output value by remaining insensitive to the changes in the parameters in the system, all kinds of system uncertainties, and the electrical noises and vibrations that occur due to the disturbing input and environmental effects that adversely affect the system. Due to the advantages of the sliding mode control technique, there are various and many studies on the control of vehicle platoons by researchers in the literature. In Wen et al., (2021), a distributed control strategy with a two-layer hierarchical structure is proposed to provide trajectory optimization and tracking control in a heterogeneous vehicle platoon. In this direction, the convex optimization method is used to determine the most suitable trajectory that can be used to minimize the desired distance between vehicles. Then, an adaptive sliding mode controller was designed so that the vehicles could follow the most suitable trajectory. As a result of the simulations, it has been shown that the proposed control structure can stabilize the following distance errors as well as provide

string stability for heterogeneous platoons. Peng et al., (2020) propose the multiple velocity difference model to enable autonomous vehicles to form platoons quickly and maintain this situation depending on the sliding mode control technique. With this method, it is aimed to zero the error between the actual headway and the expected headway and to provide a constant speed and acceleration in the platoon. It has been observed that the sliding mode control method developed in the simulations provides platoon formation in a shorter time and can maintain the speed and acceleration of the vehicles in the platoon. Wu et al., (2019), conducted a study in which a distributed sliding mode control technique including various information flow topologies is used to keep the desired distances between vehicles in a heterogeneous vehicle platoon with nonlinear dynamics and to allow the vehicles to move at a common speed. The effectiveness of this proposed new method has been verified by testing in the simulation environment and under four different topologies. In Guo et al., (2019), two adaptive sliding mode control algorithms, leader-predecessor and leader-bidirectional information flow, are used to ensure string stability of vehicle platoons under unknown external disturbances, parameter uncertainties, and actuator saturation. It has been shown that the vehicle platoons can provide string stability in the simulations made in both of these proposed control algorithms. Tang et al. Li et al., (2018) consider the design of a distributed integrated sliding mode controller in a constant time advance policy for collaborative brake control of vehicle platoons. While the designed controller takes into account the position, speed, and braking force of the leading vehicle, it also includes vehicle tracking interactions such as position, speed, space error, and braking. As a result of the numerical and real field experiments, it was determined that the proposed control method was successful. In Wang et al., (2021), a study on a combined dynamic integral sliding mode controller is presented for a vehicle platoon consisting of a leader and a large number of followers exposed to unknown parameter uncertainties under a bidirectional information flow topology and a constant time progression policy. To ensure the safety and stability of each vehicle, it has been seen that the string stability of the platoon is provided in a finite time with the simulations made in this study, in which the Lyapunov function method is used. In this way, the effectiveness and advantages of the proposed controller have also been verified. Devika et al., (2021) studied the combination of vehicle dynamics

and time progression dynamics in heavy commercial road vehicle platoons and as a result, they designed a controller that can provide string stability. It has been demonstrated in the study that the string stability of the vehicle platoon can be achieved in various road conditions and high acceleration and deceleration as a result of the integration of the time interval dynamics produced based on the sliding mode controller with an artificial potential field based string of stable controllers.

II. Neural Network Based Controllers

Artificial neural networks (ANN) are known as systems that try to mathematically model the nervous system of the human brain and thus can imitate the working logic of the human brain. The human brain has various superior features such as learning information, parallel processing of information, self-organization, and problem-solving. Therefore, neural networks learn the characteristics of the signals at the input and can adapt to any changes in the signal. For this reason, artificial neural networks are accepted as the best-known learning model in terms of their ability to meet changing environmental needs. In Čičić et al., (2017), a study was conducted on the estimation of platoon merging distances of heavy-duty vehicles while cruising on the highway, depending on the vehicle speed estimation according to the changing road slopes. To estimate the merging distances of the vehicles, the velocity estimation was made by the neural network trained on a data set. The effectiveness of the proposed method was evaluated as a result of the use of experimental data collected during platoon merging studies on a highway with varying traffic levels. It has been determined that the error in the platoon merging distance estimations under suitable conditions is less than 8% and there is a reduction compared to other methods. Guo et al., (2017) conducted a study on adaptive platoon control for the vehicle platoon in the presence of cannot be modeled dynamic uncertainties, unknown external disturbances, inter-vehicle distance constraints, and nonlinear actuator dead zone. In this direction, a control algorithm on the neural network-based terminal sliding mode with minimum learning parameters, in which a symmetrical Lyapunov function is used, has been developed to prevent disconnections and collisions between vehicles. As a result of simulation studies, it has been revealed that the adaptive neural network mechanism in the designed structure greatly alleviates the online computational load. Hao et al., (2020) pre-

sented a study aiming to combine driving situation recognition with platoon operations and risk estimation to reduce the negative effects of driving status fluctuations and unnecessary platoon operations in vehicle platoons. For this, first of all, a long short-term memory neural network structure with the time window method was used to recognize and determine the driving situation. The effectiveness of the realized long short-term memory structure has been demonstrated by experimental studies and it has been determined that the time window method can effectively reduce the vibrations of driving situations.

III. Backstepping Controllers (BSC)

The backstepping control technique is known as an adaptive control technique for the control of nonlinear dynamic systems. It is based on the Lyapunov stability criterion, which is a stability method, and is a recursive and systematic control technique that can be stabilized by the feedback law. The main purpose of this control method is based on obtaining the control signal required by the system by gradually stabilizing each other in the state equations at each stage. In Song et al., (2022), a study was conducted to obtain a new concept of string stability, called vector string stability, as a result of using distributed adaptive backstepping control method to ensure string stability in vehicle platoons. As a result of the simulation studies, it has been seen that internal stability can be achieved with the string stability in the vehicle platoon. In addition, it has been determined that the distance between the desired vehicles and the vehicle platoon can provide position and speed tracking. Yang et al., (2019) present a robust controller design that can be adapted to the heterogeneous vehicle platoon in the presence of time-varying uncertainties and where the vehicles in the platoon are modeled as nonlinear uncertain dynamical systems. The controller, designed according to the backstep control method and Lyapunov stability theory, aims to avoid collision as a result of the space error between successive vehicles imposing inequality constraints for both sides. As a result of the simulation studies, the efficiency of the designed controller has been revealed. In Chou et al., (2019), a study on the controller designed for autonomous vehicles is presented so that the human-controlled vehicle can be followed by a vehicle platoon. For the linear coordinate system used in transforming the error dynamics into a feedback form, the acceleration limit of the vehicle used by the human was taken into account in the study where the backstepping control method

was used. As a result of the simulations, the accuracy of the designed controller has been proven. Zhu et al., (2018), a study of the design of the backstepping controller for the string stability of the vehicle platoons in a networked environment where multiple uncertainties including both unknown system parameters and unknown control coefficients are handled in third-order vehicle dynamics has been carried out. As a result of the simulation studies, it has been revealed that the unknown parameters are defined online and the string stability of the vehicle platoon in the fixed distance interval policy is successfully provided by the designed controller.

IV. Fuzzy Logic Controllers (FLC)

The fuzzy logic-based control technique is a control technique that aims to benefit from human experience and knowledge for machines and computers to reach a desired goal in general. To achieve this aim, symbolic expressions called fuzzy logic and fuzzy set theory, which do not have a certain limit value, are not precise and work according to certain mathematical calculations, unlike numerical data, are used. Olwan et al., (2020) presented a study on the comparison of three different fuzzy logic-based controllers optimized to control the desired safe clearance distance between vehicles in a vehicle platoon using a nonlinear longitudinal vehicle dynamics model. As a result of the simulation studies carried out depending on the reference velocity trajectory created for the vehicles to follow, it has been seen that each controller designed gives the desired results in terms of the desired speed tracking and spacing error convergence. In Dong et al., (2020), a study on an adaptive robust controller in fuzzy structure is presented for the longitudinal model of the vehicle system in which fuzzy theory is used to identify external disturbances and undetectable system parameters. The proposed controller is deterministic and does not depend on the if-then form and guarantees both deterministic and fuzzy performance of the platoon system. In Wang et al., (2015), a controller design was carried out in which the lateral offset and direction angle error are estimated depending on the reference path to provide lateral control of autonomous vehicles and more than one fuzzy logic inference engine is used to determine the given driving speed. The effectiveness of the proposed control method has been verified under different driving tasks in simulation and experimental studies where the Lyapunov stability condition is used for the stability of the system.

V. Model Predictive Controllers (MPC)

Model predictive controllers can generally be expressed as a control algorithm that calculates the adjustment of a set of manipulable variables to optimize predictions of the future state and system behavior of a system. Prediction of system behavior can be obtained with a process model expressed as a forecast horizon in a finite time value. In this way, the model predictive controller algorithm in each control loop is intended to be able to optimize future system behavior by calculating the adjustment of a set of future manipulable input variables. Graffione et al., (2020) presented a study on model predictive controller design to be able to control the longitudinal distance and speed between vehicles according to the leader's behavior in a vehicle platoon. In the structure where factors such as rolling resistance, aerodynamics, and traction force are taken into account to determine the dynamic model of the vehicles, it is aimed to minimize the pulling force to be applied to each vehicle to maintain a constant distance between the vehicles according to the position and speed reference values. In this direction, constant and time-varying speed reference values were applied in two test studies. It has been observed that the controller structure regulates the acceleration and deceleration of vehicles over a time horizon. In addition, in the study where the time-varying reference speed value was applied, it took longer for the controller to reach stability compared to the constant speed reference value. In Shen et al., (2021), a nonlinear distributed model predictive controller design was carried out to minimize the speed monitoring and inter-vehicle space errors under uncertainties in a heterogeneous vehicle platoon. The efficiency and accuracy of the proposed approach for the heterogeneous vehicle platoon model obtained from information flow and vehicle longitudinal dynamics have been proven in simulation studies performed in two scenarios where irregularities of accelerations and real highway situations are simulated. In Lan et al., (2021), a data-driven predictive controller design was carried out to form a platoon in a safe, robust, and stable manner from a mixed structure of both autonomous vehicles and human-guided vehicles and to obtain the control law of autonomous vehicles. Here, a data-based accessibility technique based on noisy vehicle measurements is used to predict the future trajectory of the mixed vehicle platoon due to the uncertainty and randomness in human driving behavior and the difficulties in determining power transmission parameters. In simulation studies on both small and large mixed-vehicle

platoons, the effectiveness of the proposed controller has been demonstrated as a result of providing smaller spaces between platoons and ensuring the safety and stability of the platoon. Maxim et al., (2020) discussed a controller based on distributed model prediction on a collaborative adaptive cruise control under time-varying communication delays in their vehicle platoon. The effectiveness of the proposed controller for situations where variable communication delays exist in a platoon of five vehicles following the leader has been tested and successful results have been achieved. Tan et al., (2021) conducted a study on the distributed model predictive controller to address the shortcomings of the random packet loss effect on the control of vehicle platoons. In this direction, the effect of random packet loss probability on the asymptotic stability of the vehicle platoon is investigated in order to eliminate the stability problems under Bernoulli random packet loss. As a result, in many simulation studies, an upper limit of the packet loss probability has been found in order to maintain asymptotic stability and a sufficient condition for the consensus of the vehicle platoons has been determined.

VI. Consensus Based Control

Consensus control is a situation that expresses the ability of group members in a group to make decisions in a way that serves the interests of the whole group during the decision-making phase. When this concept is evaluated in terms of the control of autonomous vehicles, the main aim for vehicles is the algorithms developed to form a platoon and to ensure that each member of the platoon reaches a consensus in terms of distance and speed between the vehicles. In this way, it is aimed for the autonomous vehicle platoon to realize a safe, stable, and robust driving policy. In Yang et al., (2019), a consensus-based control approach for the stability of the vehicle platoon is carried out in a vehicle platoon using a linearized third-order vehicle dynamics model, in which both fixed time delay and time-varying delays are taken into account. To create a platoon that can move at the same speed and equal intervals, an upper limit of the time delay is derived for the control algorithm obtained based on the consensus based on the Lyapunov-Razumikhin theorem for the fixed time delay vehicle platoon and sufficient conditions for the stability of the platoon are obtained. The Lyapunov-Krasovskii theorem was used to determine the sufficient conditions for platoon stability for a time-varying delayed vehicle pla-

toon. The numerical data obtained in this direction revealed the accuracy of the theoretical results. In Li et al., (2018), a study on a nonlinear consensus-based control strategy under finite time stability for vehicle platoons under fixed and switched communication topologies is presented. The finite time stability of the proposed method and the consensus were analyzed according to the LaSalle invariance principle and the Lyapunov technique. The simulation results obtained by numerical experiments under four different scenarios, the convergence times in terms of position and velocity profiles, and the effectiveness of the proposed method in terms of stability have been verified. Yan et al., (2018) carried out a study including the design of a control algorithm for the vehicle platoon system according to the consensus criteria to solve the packet loss and limited time-varying delay problems in the vehicle platoons with the Bernoulli distribution. The Lyapunov technique is used to analyze the exponential stability of the system with sufficient conditions for vehicle platoon control stability in terms of matrix inequality. The results of the simulation studies show the accuracy and stability of this proposed controller. In Li et al., (2018), the design of a consensus-based algorithm for formation control protocols of vehicle strings with a vehicle-to-vehicle communication structure is discussed. For this, a longitudinal controller was designed for single and multiple strings by including the space and speed differences between the vehicles of the follower vehicle according to the situation of the previous and leading vehicle. In addition, a lateral controller is designed for single and multiple strings according to the artificial function method. The stability of the proposed control protocols was analyzed using the Routh-Hurwitz and Lyapunov techniques. As a result of the numerical experiments, it has been seen that in the proposed technique, the follower vehicles follow the leader in each string asymptotically and a consensus has been reached on their position and speed. Di Bernardo et al., (2014), a study on solving the problem of a platoon to create due to the effects of heterogeneous time-varying delays due to communication between autonomous vehicles, by considering it as a problem of reaching a consensus of dynamic systems. In this respect, it has been revealed that the platoon-building problem can be reshaped as a closed loop consensus problem, and the platoons' stability can be achieved despite the presence of delays. Table 2 provides information about the control methods commonly used in vehicle platoons and the advantages and disadvantages of these methods.

Recent Studies in the Literature on Nonlinear Control of Platoons and Transitional Maneuvers

Table 2. Comparison of commonly used controllers in vehicle platoons

| Control Method | Advantages | Disadvantages |
|----------------------------------|--|--|
| Sliding Mode Controllers | <ul style="list-style-type: none"> ➤ It can be applied to nonlinear systems. ➤ It is an effective method to stabilize the system despite parameter changes, system uncertainties, external disturbances, and environmental effects. ➤ The system response is fast despite the negativities caused by the uncertainties and external disturbances in the system. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ A chattering effect is observed around the sliding surface due to the high-frequency switching signal. ➤ Mechanical wear may occur in the system. ➤ The life of the system may be shortened and the energy loss may increase. |
| Neural Network Based Controllers | <ul style="list-style-type: none"> ➤ It is a flexible control method that can be learned by training. ➤ It is also possible to train the network with missing data. ➤ It can create input-output relationships from data without any known connection. ➤ Many learning algorithms can be created that can be adapted to a particular problem. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Training data is needed to use neural networks and learning can take a very long time. ➤ Since it only works with numerical information, the problem situation needs to be converted to numerical representation. ➤ The fact that the parameter values of the network cannot be determined according to any rule creates a problem. |
| Back Stepping Controllers | <ul style="list-style-type: none"> ➤ It is an effective technique to eliminate mismatched perturbations while providing asymptotic stability. ➤ Controller design can be performed more easily because it divides the entire system into smaller subsystems for controller design. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ it is necessary to have accurate model information of the controlled system and to know all system states. ➤ The requirement to assume that the purpose of the controller in the subsystem is satisfied before activating the controller in the upper system can be a problem in controller design. |
| Fuzzy Logic-Based Controllers | <ul style="list-style-type: none"> ➤ They do not need a mathematical model of the systems. ➤ It has a flexible and adaptable structure. ➤ It is easy to understand and apply. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ The performance of the controller largely depends on the experience and knowledge of the expert. In this regard, there is a need for expert personnel who know the system. ➤ Proper membership functions and rule tables are not easy to prepare. |
| Model Predictive Controllers | <ul style="list-style-type: none"> ➤ It can be successfully applied to complex and multivariate systems. ➤ Considering the design constraints of the systems, they can be systematically incorporated into the design processes. ➤ They can be used with different control strategies. ➤ It is a very useful technique if future directions are known. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ To calculate the control rule, more calculations are needed compared to the classical controllers. ➤ Predictive controllers cannot be tuned if there is no clear model of the dynamic behavior of the system. ➤ Considering the limitations of the system, the solution is made iteratively and the calculation time loses its importance. |

COMMUNICATION METHODS USED IN VEHICLE PLATOONS

Autonomous vehicle platoons can be expressed as an ITS application that can adjust their distance and speed with each other to act together as a group. It aims to solve many traffic problems on highways, thanks to its ability to act as a platoon on its own. To solve these problems, autonomous vehicles need to be able to form platoons, and for this, each vehicle in the platoon needs various information about its surroundings, as well as information such as the speed, distance, and kinetic status of the other vehicles in the platoon. This information is necessary for the platoon to be able to control the acceleration and deceleration of the vehicles in the platoon, and for the safety of the platoon, as well as for its efficient movement Zeng et al., (2019); Boubakri et al., (2020). A study investigating the effect of communication in multi-vehicle CAV on vehicle platoon dynamics was conducted by Zhang et al., (2013). To obtain this information, traditional sensors such as radar or camera were used at first, and problems such as communication delay and packet loss were encountered due to the limitations of such sensors Jia et al., (2016); Hong et al., (2020). The effects of these communication delays in vehicle platoons on vehicle platoons were examined in a study conducted by Qin et al., (2013). In this respect, the concept of vehicle communication has been introduced depending on the rapid technological developments in the field of communication to eliminate these problems experienced during the information exchange between vehicles. In this way, it aims to eliminate the problems experienced during the information exchange between the vehicles and to drive the vehicle platoons safely and efficiently Hong et al., (2020). Communication types in these network structures used in the exchange of information between vehicles are generally; classified as vehicle to vehicle (V2V), vehicle to infrastructure (V2I), vehicle to everything (V2X), cellular vehicle to everything (C-V2X), and vehicles to pedestrians (V2P) Zeng et al., (2019); Fakhfakh et al., (2020).

- *V2V Communication:* It is a type of communication used to exchange information from vehicle to vehicle and is used to exchange information such as speed, acceleration, and high-definition map data between vehicles. To enable this method, technologies such as Visible Light Communication (VLC), Vehicle Ad hoc Networks (VANET), and cellular network structures must be used. Here, VANET is widely used to increase energy efficiency and reduce traffic congestion and traffic accidents, but it has several disadvantages such as security and

data loss issues. For this reason, VLC technology is presented as an alternative solution. However, the most important disadvantage of this method is that it is adversely affected by sunlight. In case of too many connections to cellular networks, the density in the network causes data communication to be unreliable Jia et al., (2015); Segata et al., (2016); Fakirah et al., (2020).

- *V2I Communication:* It is the type of communication used to provide data communication from the vehicle to the infrastructure. In this communication method, there are Roadside Units (RSU) to provide information about the status of road conditions and rules for autonomous vehicles. The density of these units affects the connection quality Fakirah et al., (2020).
- *V2X Communication:* It is used to exchange information from vehicles to everything Gyawali et al., (2020).
- *C-V2X Communication:* It is a communication method that makes it possible to exchange information from the vehicle to everything on a cellular basis Gyawali et al., (2020).
- *V2P Communication:* It is used to exchange information between vehicles and pedestrians Gyawali et al., (2020).

In Li et al., (2019), a study on platoon control within the scope of vehicle to everything (V2X) communication method is presented. For this purpose, a consensus-based longitudinal control algorithm and an artificial function-based lateral control algorithm were designed to ensure platoon control, and the convergence analysis of the proposed consensus-based control method was performed with the Lyapunov technique. At the same time, stability analysis was performed using the perturbation method, and a new vehicle tracking model was proposed to express the local interactions and vehicle tracking behaviors between connected vehicles. As a result, the effectiveness of the proposed method in terms of spacing, speed, and trajectory characteristics between connected vehicles has been demonstrated in real experiments such as joining the platoon, splitting from a platoon, and forming a platoon. In Hidayatullah et al., (2021), apart from platoon uncertainties such as vehicle dynamics and road slope, the analytical stability of the platoon in platoon uncertainties expressed according to the homogeneous or heterogeneous structure of the platoon is examined within the framework of central control. By using the inte-

grated PreScan and Matlab/Simulink simulation programs, the string stability of the platoons in both homogeneous and heterogeneous situations in the minimum time interval was carried out in simulations. In the next step, the string stability of the platoons under packet loss and communication delays for both platoon cases were investigated, and as a result of the simulations, it was verified that the analytical string stability of the homogeneous and heterogeneous vehicle platoons was achieved. Zhao et al. (2020) conducted a study on the effects of the presence of communication disturbances such as random packet losses and limited communication range on control performance in vehicle platoons in a constant time progression policy. For this, a systematic method using different packet loss scenarios was used to analyze the string stability. In this respect, at first, the case of independent and random packet losses when the vehicle in front moves at a constant speed is examined. Depending on the stability of the matrix polynomials to ensure ideal communication under these conditions, the necessary conditions for control gains, sampling time, and internal delay have been obtained to ensure the stability of the vehicle platoon. Secondly, the matrix perturbation method is used to obtain an analytical upper bound of the packet loss ratio to ensure the string stability of the instruments in the constant time progress policy in case of random homogeneous packet losses independent of time. In the third case, if the latest information is used as input, necessary and sufficient conditions for the string stability of the vehicle platoon are obtained by the Markov hopping linear system method, and in the comprehensive numerical analysis, the result is that the random packet loss rate and the mean convergence time increase. In Wang et al. (2021), the situation in which the previous and next vehicle information is used to prevent back collisions and increase the efficiency of road use capacity is examined. Unlike the existing platoon controllers, a new model predictive controller algorithm has been developed, which aims to control the platoon according to the trajectory of the vehicle ahead and focuses on the switched communication topology in the presence of abnormal communication. To evaluate whether the proposed control algorithm for platoon control can prevent the collision, the designed controller; has been tested in three different scenarios normal communication, vehicle leader in abnormal communication, and following vehicle leader position in abnormal communication. For this, after the desired vehicle spacing policy is created according to the basic communication topology, the control algorithm of the vehicle platoon is established, and the asymptotic stability and L2-norm string stability criteria are taken into account in the pro-

posed model predictive controller. Afterward, a simulation environment was developed for the CAV platoon based on the PreScan/Matlab/V2X communication simulator. As a result of the experiments carried out in the simulation environment, it has been proven that communication topologies can be changed in different communication environments thanks to the proposed control algorithm, besides, distance, speed, acceleration, and string stability between vehicles are provided. Xu et al. (2019) presented a separate control method for a homogeneous vehicle platoon in the presence of communication delay and external factors to reduce the energy consumption of each vehicle and to ensure the string stability of the vehicle. First of all, it proposes a new type of variable interval strategy, which is expressed as an energy-oriented distance policy and based on the comparison of the ideal speed values of each vehicle traveling at the optimum speed in a fixed interval policy concerning the geometry of each vehicle. Then, after the dynamics of the homogeneous discrete vehicle platoon consisting entirely of electric vehicles, under external factors and communication delays, were created depending on the energy-oriented distance policy, a robust discrete vehicle controller control system was designed according to the Lyapunov-Krasovskii method. In the presence of communication delays and external factors, the H-infinity method ensures that each vehicle travels at the most appropriate speed in terms of energy efficiency and that the string stability of the platoon is ensured. The discrete controller designed as a result of the simulations has realized the increase in the efficiency of each vehicle in terms of energy and the string stability of the platoon under a proposed new energy-oriented spacing policy. Gao et al. (2015) proposed the H-infinity control method for heterogeneous vehicle platoons to ensure robustness, tracking performance, and string stability despite uniform communication delays and uncertain dynamics. To solve the decentralized controllers with numerical methods, linear matrix inequality is derived depending on the delay, and many communication topologies can be formulated following the linear matrix inequality norm and covered. In this regard, the delay-dependent Lyapunov method, which includes a quadratic linear function of the states occurring during the uniform communication delay time, is used to theoretically analyze the string stability and robustness of the platoon. As a result of the theoretical analysis and simulations, it has been proven that the robustness, tracking performance and string stability of the proposed H-infinity control technique vehicle platoon are provided despite uniform communication delays and uncertain dynamics for heterogeneous vehicle platoons. In Hong et al. (2020), it is aimed to in-

crease the success rate of the platoon leader's information sharing by ensuring that the information sharing of the leader vehicle in the platoon and the information sharing of the followers following the leader are in the form of separate information sharing. In this way, a systematic design is proposed to improve platoon communication, increase platoon safety, and reduce position errors between following vehicles. It is suggested to use relays in the system to expand the communication range of the platoon leader and the scale of the platoon. The controller designed for the implemented system, on the other hand, is an adaptive model predictive based controller, where the control parameters can be adjusted according to the situation of the platoon, thus aiming to avoid collisions, and a good controller performance is aimed. At the same time, auxiliary communication techniques are used to prevent communication errors. As a result of the simulations, it has been confirmed that the systematic design can prevent position errors, as well as prevent collisions and thus improve the safety of the vehicle platoon. In Chen et al., (2021), a distributed fuzzy adaptive control method is proposed for the consensus problem of multi-factor high-order systems, where the communication topology is uncertain and the precision is unknown, defined by the Takagi-Sugeno fuzzy logic model, under disturbing input and unknown parameters. In this proposed method, it is ensured that the consensus errors approach zero asymptotically according to the Lyapunov stability theorem as a result of the simulations made under conditions where the dynamics of the leader vehicle are not known by any factor by the followers following the leader. In di Bernardo et al., (2015), in the presence of heterogeneous and time-varying communication delays, the control problem of vehicles in a platoon to reach the specified distances and desired speeds is expressed as a high-order network consensus problem. It has been proven as a result of experimental studies that the desired distances and speeds can be achieved by using Lyapunov-Razumikhin functions within the scope of both

fixed and switched communication network topologies. Thus, it has been confirmed that the communication problems and maneuvering problems of vehicles joining and splitting from a platoon are solved with the proposed method. Yan et al., (2017) present an output feedback control algorithm to simplify the information communication topology and reduce the communication load by rationalizing the formation geometry when each vehicle can communicate with successive vehicles under a fixed time progression policy. For this, a neural adaptive sliding mode controller algorithm is designed to establish the desired distance between vehicles according to the integrated sliding mode method. Then, an output feedback control technique, in which only position information is used, is proposed in order to eliminate the measurement complexity and thus reduce the communication load. In addition, a high order sliding mode controller is used to predict other needed information such as acceleration and velocity. As a result of the simulation studies, it has been proven that the proposed control method provides the string stability of the vehicle platoon and thus vehicle collisions are prevented. In Zhu et al., (2020), the effectiveness of a distributed adaptive control algorithm for third order nonlinear CAV platoons in the presence of nonlinearizable parametric uncertainties and unknown external disturbances was investigated. Here, a vehicle to vehicle communication based adaptive backstepping control algorithm is used as an online parameter estimator to estimate the distortion limits and unknown parameters. As a result of the simulations, it has been verified that the designed backstepping control algorithm provides the string stability of the vehicle as well as determines the parameter uncertainties with the help of the online parameter estimator. Table 3 contains a summary of the most recent articles on communication methods in the vehicle platoons and provides information on communication type, application pattern, and problem status.

Recent Studies in the Literature on Nonlinear Control of Platoons and Transitional Maneuvers

Table 3. Recent studies of communication methods in vehicle platoons

| Year Reference | Communication types | | | Implementation | | Control problem |
|--|---------------------|-----|-----|----------------------------|------|---|
| | V2V | V2I | V2X | Simulation | Real | |
| 2019 <i>Li et al., (2019)</i> | | | ✓ | | ✓ | Platoon control and collision avoidance |
| 2021 <i>Hidayatul-ahandJuang (2021)</i> | | | ✓ | Matlab/Simulink PreScan | | Analytical platoon stability |
| 2020 <i>Zhao et al., (2020)</i> | ✓ | ✓ | | Matlab LMI Toolbox | | Effects of random packet losses on the control performance of vehicle platoon |
| 2021 <i>Wang et al., (2021)</i> | | | ✓ | Matlab/Simulink PreScan | ✓ | Collision avoidance and increasing road capacity for connected autonomous vehicles |
| 2019 <i>Xu et al., (2019)</i> | ✓ | | | ✓ | | Ensuring string stability under communication delays and external disturbances and minimizing energy consumption |
| 2015 <i>Gao et al., (2015)</i> | ✓ | ✓ | | ✓ | | Ensure robustness, tracking performance, and string stability despite communication delays and uncertain Dynamics |
| 2020 <i>Hong et al., (2020)</i> | ✓ | | | ✓ | | Improving platoon communication, increasing platoon safety, and reducing position errors between the following vehicle |
| 2021 <i>Chen et al., (2021)</i> | ✓ | ✓ | | ✓ | | Control method for consensus problem under distorting input and unknown parameters |
| 2015 <i>di Bernardo et al., (2015)</i> | ✓ | | | | ✓ | To reach the distances between vehicles and desired speeds determined in the presence of time-varying communication delays |
| 2017 <i>Yan et al., (2017)</i> | ✓ | | | ✓ | | To simplify the information communication topology and reduce the communication load |
| 2020 <i>Zhu et al., (2020)</i> | ✓ | | | ✓ | | The effectiveness of a distributed adaptive control algorithm in the presence of non-linearizable parametric uncertainties and unknown external disturbances. |

MANEUVER CONTROL TECHNIQUES AND PLATOON OPERATIONS USED IN VEHICLE PLATOONS

As mentioned before, the most basic objectives of vehicle platoons with ITS implementation are; it can be expressed as preventing traffic accidents, reducing traffic congestion, saving fuel, using highway capacity more efficiently, reducing air pollution, providing safe and comfortable driving, and shortening travel time. To achieve all these aims, besides the application of various control algorithms to these vehicles, the vehicles must be in constant communication with each other and with their environment, thus ensuring the successful flow of information between the vehicles and other components and these autonomous vehicles must be able to form platoons. In Yan et al., (2019), there is a study on the ability of CAV to platoon up under nonlinear dynamics using the dual mode model predictive control technique. In Yan et al., (2020), the vehicle platoon control problems are investigated in the presence of communication delays in a heterogeneous group of vehicles and under conditions where multiple constraints are taken into account. In Ma (2021), a study was carried out involving the control and optimization problem of a vehicle platoon generated from CAV under CTH policy and in the presence of V2V communication delays. In Ma et al., (2018), simulation and experimental studies of a two-layer hierarchical control method based on fuzzy logic are presented for CAV to form platoons. Before, the communication methods and techniques used in providing communication in the CAV and the current studies in this field are given in detail. In this section, operations performed within the platoon such as changing lanes, joining the platoon, splitting from a platoon, platoon merging, and platoon splitting creating changes in the platoon structure will be evaluated. In addition, longitudinal control and lateral control, which are maneuver control techniques in vehicle platoons, and current studies on the creation processes of vehicle platoons will be discussed in detail.

I. Longitudinal and Lateral Control

Maneuvers are one of the most basic components of vehicle platoons and operations such as changing lanes, creating platoons, joining platoons, leaving platoons, merging platoons, and splitting platoons require a vehicle to maneuver longitudinally and laterally. Therefore, the control of vehicle platoons primarily requires successful longitudinal and lateral control of autonomous vehicles Jeon et al., (2001); Santini

et al., (2018). In this respect, various models are used to examine the longitudinal and lateral dynamics of the vehicle platoons and the i -th vehicle is expressed as follows, starting from the well known and proven bicycle model Ying et al., (2014).

$$\begin{cases} \dot{u}_i = \frac{1}{m} (mv_i w_i - mfg + u_i^2 (fk_1 - k_2) + c_r \frac{v_i + aw_i}{u_i} \delta_i + T_i) \\ \dot{v}_i = \frac{1}{m} (-mv_i w_i - (c_r + c_f) \frac{v_i}{u_i} + (bc_r - ac_f) \frac{w_i}{u_i} + c_r \delta_i + T_i \delta_i) \\ \dot{w}_i = \frac{1}{I_z} ((bc_r - ac_f) \frac{v_i}{u_i} - (b^2 c_r - a^2 c_f) \frac{w_i}{u_i} + ac_f \delta_i + aT_i \delta_i) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dot{X}_i = u_i \cos(\varphi_i) - v_i \sin(\varphi_i) \\ \dot{Y}_i = u_i \sin(\varphi_i) + v_i \cos(\varphi_i) \\ \dot{\phi}_i = w_i \end{cases} \quad (1)$$

Where m is the mass of the vehicle and f is the rotating friction coefficient. k_1 and k_2 represent lift and drag parameters of aerodynamic properties, respectively. c_r and c_f are the cornering stiffness coefficients of the back and front tires, a and b are the distance from the back and front axles of the vehicle to the center of mass of the vehicle, and I_z is the rotational inertia of the z-axis. u_i represents the longitudinal velocity, v_i the lateral velocity, and w_i the yaw rate. X_i and Y_i indicate the position coordinates of the vehicle's center of gravity relative to the road's coordinate system, and φ_i indicates the yaw angle of the vehicle. δ_i is the angle of rotation of the wheels, T_i is two control signals expressing the traction force at the contact point of the tire with the ground. In addition, the dot symbol used in the equations represents the derivative concerning time Ying et al., (2014). Longitudinal and lateral control in CAV in vehicle platoons are two important parameters to ensure platoon stability. Longitudinal control generally includes controlling the gas and brake movements, and it is aimed to ensure that the vehicles in the platoon can go at the speed of the leader vehicle and that the following distance between the vehicles ahead and the predetermined vehicles can be maintained Nobe et al., (2001); Santini et al., (2018). Lateral control, on the other hand, covers the control of steering movements in general, and thus, it is aimed at successfully performing transitional maneuvers such as changing lanes, staying in the same lane decisively, joining the platoon, splitting from a platoon, avoiding obstacles that may come in front of the vehicles Chang et al., (2017).

In the literature, the longitudinal and lateral control problem has been discussed in detail by researchers and many studies have been conducted on this subject. In Xu et al., (2020), a

switched fuzzy adaptive double coupled sliding mode controller (SFADCSMC) is designed for the longitudinal control of vehicle platoon with leader vehicle and follower vehicles. First of all, the necessary conditions for the control law and string stability of the third-order longitudinal dynamics of a vehicle in the presence of external disturbances are provided. Then, the designed controller is compared with the traditional double-coupled sliding mode controller. When the results are examined in terms of position, velocity, and acceleration, it has been theoretically proven that the tracking performance of the switched fuzzy adaptive double-connected sliding mode controller and the tracking distance between the determined vehicles are better than the traditional double-connected sliding mode controller. Guo et al., (2017) carried out a study in which an adaptive fuzzy sliding mode controller was designed to control the longitudinal and lateral movements of the vehicles in the platoon to provide platoon control in autonomous vehicles. As a result of the simulation studies, it has been revealed that the controller, which shows low sensitivity to external disturbances and parameter changes in the system, is successful in terms of tracking performance, vehicle stability and driving quality. In Wei et al., (2019), a study is presented to perform longitudinal and lateral control under radar sensors and V2V communication for automatic vehicle tracking. First of all, a feed-forward controller with feedback is designed for longitudinal control to keep a safe distance between vehicles and to follow the speed of the vehicle ahead. Then, a model predictive controller was designed for the trajectory prediction of the vehicle in front based on historical motion data with V2V communication. The stability and applicability of these designed controllers have been verified in simulation and experimental studies. In Mentasti et al., (2020), a study using images obtained from the camera placed on the vehicle is presented to perform end-to-end lateral control of autonomous vehicles. Thanks to this camera, it is a structure in which two convolutional neural network (CNN) controllers are used, which are connected to predict the situation faced by the vehicle and to obtain the steering command according to possible situations. As a result of the experimental studies, it has been revealed that the designed controller achieves high accuracy in the estimation task. Shalaby et al. Shalaby et al., (2019) carried out a study in which three different controllers were applied separately for each vehicle and a nonlinear longitudinal vehicle dynamics model was used for the vehicles to manage the distances between vehicles in a

vehicle platoon. The reference speed was determined under different scenarios for the vehicles to follow, and the performance of each controller according to this reference speed was tested in the simulation environment in terms of speed tracking, distance error convergence and realistic control effort. In the simulation results, it was observed that the monitoring performance and distance control of all controllers were provided within the framework of the determined criteria. In Wei et al., (2018), the effectiveness of the supervised reinforcement learning (SRL) based collaborative adaptive cruise control (CACC) approach for longitudinal vehicle dynamics control was investigated in both simulation and experimental studies. During reinforcement learning, a supervisor trained with the data obtained from the human driver is updated under the guidance of the earnings planner during the training process. In the simulation and experimental studies, it has been observed that the proposed controller ensures the efficiency of the system. In Li et al., (2017), the distributed H-infinity control technique is applied to a vehicle platoon with solid formation geometry and the same formation dynamics. In the simulations, it has been revealed that the proposed controller can provide string stability, tracking performance, and platoon stability. In Latrech et al., (2018), an integrated controller design was carried out over a wireless network for longitudinal and lateral control of the vehicle platoon in a given lane. First of all, for longitudinal control, the controller is designed in the presence of actuator saturation and communication delays, which takes into account the inter-vehicle distance proportional to the vehicle speed. Later, a lateral controller was designed to keep the vehicle on the road through the steering. Finally, these two controller structures designed for fully automatic vehicle control were combined and it was revealed in the simulations that this controller can perform longitudinal and lateral control. Zennir et al., (2018), there is a study comparing fuzzy logic-based and PID controllers for longitudinal and lateral control of vehicle platoons. In the study, one of which is controlled by a human, and the other is controlled by two different controllers for longitudinal and lateral control, information exchange, and communication such as speed and direction angle are provided with a fixed safety distance. To control the effectiveness of the controllers, the efficiency of the proposed control designs was examined in the simulation studies in which different structures of reference orbits were used, and it was understood that the controllers should be optimized in case of motion in a curved orbit. In Muhamadinah et al., (2019), a study including the use of

Recent Studies in the Literature on Nonlinear Control of Platoons and Transitional Maneuvers

backstepping control method is shown in order to preserve the platoon properties in the truck vehicle platoon, at any lateral speed as the lateral controller and at different speeds as the longitudinal controller, and in such a way that the distance between the follower and the leader approaches zero. In the simulation studies, it has been seen that the proposed controller provides platoon control and can adjust the speed

of the followers depending on the speed of the leader and maintain the distance between them. Table 4 contains a summary of the most recent papers on longitudinal and lateral control in the vehicle platoons and provides information on the type of maneuver, control strategy, implementation and problem status.

Table 4. Recent studies of longitudinal and lateral control in vehicle platoons

| Year Reference | Control Strategy | Maneuver Type | | Implementation | | Control problem |
|---|------------------|----------------------|-----------------|---------------------------|------|---|
| | | Longitudinal Control | Lateral Control | Simulation | Real | |
| 2020 <i>XuandLu (2020)</i> | SFADCSMC | ✓ | | ✓ | | Longitudinal control of the platoon with a leader vehicle and multiple followers |
| 2017 <i>Guo et al., (2017)</i> | SMC | ✓ | ✓ | ✓ | | Adaptive fuzzy sliding mode controller design for longitudinal and lateral control in vehicle platoon |
| 2019 <i>Wei et al., (2019)</i> | MPC | ✓ | ✓ | Matlab/Simulink CarSim | ✓ | Longitudinal and lateral control for automatic vehicle tracking |
| 2020 <i>Mentasti et al., (2020)</i> | CNN | | ✓ | Track Attack | ✓ | End-to-end lateral control of the autonomous vehicle |
| 2019 <i>Shalaby et al., (2019)</i> | BSC, MPC, SMC | ✓ | | Matlab/Simulink | | Longitudinal control of vehicles in the platoon using different control techniques |
| 2018 <i>Wei et al., (2018)</i> | SRL based CACC | ✓ | | Matlab/Simulink | ✓ | Design of SRL-based CACC controller for longitudinal vehicle dynamics control |
| 2017 <i>Li et al., (2017)</i> | H-infinity | ✓ | | ✓ | | H-infinity-based controller design for longitudinal control of vehicles platoon |
| 2018 <i>Latrech et al., (2018)</i> | FLC | ✓ | ✓ | Matlab/Simulink CarSim | | An integrated controller design for longitudinal and lateral control over a wireless network in a vehicle platoon |
| 2018 <i>ZennirandAllou (2018)</i> | PID, FLC | ✓ | ✓ | Matlab/Simulink v-rep | | Comparison of two controllers for longitudinal and lateral control of vehicles platoon |
| 2019 <i>Muhamadinah et al., (2019)</i> | BSC | ✓ | ✓ | ✓ | | Designing a step-back controller for longitudinal and lateral control of truck vehicles platoon |

II. Lane Change

The general purpose of lane changing in CAV is expressed as the first action a vehicle must take to join or leave a platoon if it finds a suitable maneuvering opportunity while moving in its current lane. At the same time, the maneuvering process takes place by providing information exchange between RSU or related neighboring vehicles, that is, between vehicles and from vehicle to infrastructure Amoozadeh et al., (2015). In addition, for any lane change operation to be carried out healthily and safely, various conditions must be fulfilled. In this respect, first of all, all vehicles involved in the lane change process should notify the vehicles with human drivers and pedestrians in the vicinity of the lane change request with warnings or various signs, without exceeding the determining speed limits. Another important condition is that the dangerous lane change process to be made by vehicles close to each other needs to be postponed until sufficient maneuvering space is provided. After the space required for the lane change is obtained as a result of the slowing or acceleration of the vehicles by cooperation, the lane change process should be carried out quickly within the framework of the necessary procedures and rules in a way that does not endanger human life and does not adversely affect the traffic flow Hodgkiss et al., (2019). After a successful lane change, the maneuvering vehicle either joins a platoon and then continues its movement with that platoon in the determined conditions, or it leaves a platoon and must continue its movement independently Badnava et al., (2021). In Ahmed et al., (2020), a study was carried out to control the deflection speed of a vehicle during the lane changing process by using a neural network controller and a fuzzy PID controller. In the simulation studies, it has been observed that the fuzzy PID controller is more successful than the neural network controller in controlling both the yaw speed and the sliding angle during the vehicle's lane change. Wang et al., (2021) proposes a dynamic cooperative lane changing method for CAV, taking into account possible accelerations of the vehicle ahead. In this method, the vehicle that will change lanes completes the maneuvering process by following a strategy consisting of three steps decision-making, trajectory planning, and trajectory tracking after collecting information about the vehicles around it, and updating its decisions in real time. The effectiveness of the proposed method has been demonstrated by the increase in success in lane change maneuvers as a result of simulations. Sun et al., (2021) introduce collaborative lane-changing work on a two-lane highway based on two-stage optimization, with both a lane change in the original lane and a lane change in the target lane. With this study, it aims

to minimize the factors that negatively affect the traffic flow in both lanes by ensuring the coordination between the vehicle changing lane, the vehicles in the original lane, and the vehicles in the target lane. As a result of the simulation studies, it has been revealed that a smooth and safe lane change process according to the proposed model is successful under the given driving scenario. In Li et al., (2020), a study on a common trajectory plan is shown to ensure the safety and efficiency of traffic flow in case of more than one mandatory lane change request in the CAV. In the study, which solves two problem situations, vehicle grouping and movement planning, first of all, CAVs are divided into different groups, and then trajectory planning is made for vehicles with and without lane change requests for each group. In the simulation studies carried out to evaluate the effectiveness of the proposed method, it has been observed that the vehicles can perform the lane change process safely and effectively in cooperation. In Luo et al., (2019), there is a study on the cooperative multi vehicle automatic lane change maneuver under a situation of eight vehicles and three lanes using V2V communication. Orbital planning; in order to maximize safety, comfort, vehicle dynamic and lane change efficiency, it is considered as an optimization problem based on the MPC technique. In the simulations made with the proposed collaborative lane change model, it has been observed that the vehicles can safely perform the lane change maneuver. Hodgkiss et al. Hodgkiss et al., (2019) discuss two new methods of utilizing vehicle communication for CAVs to perform lane change maneuvers under high efficiency and high safety. The first method is the method in which the lane change maneuver is performed by giving special permissions to the vehicle that will change lanes of the central management, which includes intelligent transportation systems such as RSU and traffic light controllers throughout a certain distance. The second method is called ILACH+ and it is a study in which the maneuvering process is expanded and developed in cooperation with the vehicles near the vehicle making the lane change operation. In both proposed methods, the efficiency and safety of the lane changing process have been tested by studies.

III. Splitting From and Joining The Platoon

Vehicle platoons are a group of vehicles that act in a coordinated manner and can follow each other while maintaining a safe driving distance, although there is no mechanical connection between them. These vehicle platoons generally consist of a leader vehicle that makes decisions on behalf of the whole platoon and follower vehicles that follow this leader Maiti et al., (2017). For the CAV to move safely and healthily to its

determined targets, in some cases, it is necessary to join or leave these vehicle platoons by making successful maneuvers. In this respect, as shown in Figure 2, the fact that a vehicle that is not part of the platoon successfully maneuvers into the platoon lane from the front, middle, or back indicates the state of joining the platoon. Similarly, as shown in Figure 3, the vehicle that is a part of the platoon changes lanes by making a successful maneuver or creating a sufficient distance from the neighboring vehicle, which also indicates the situation of splitting from a platoon Jeon et al., (2001).

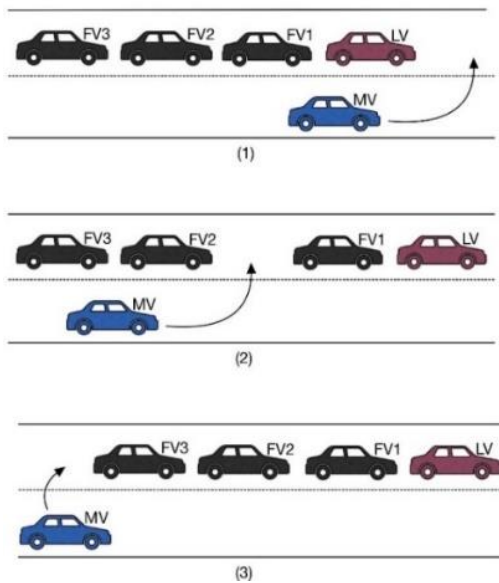


Figure 2. Joining the platoon (1) Front, (2) Middle, (3) Back

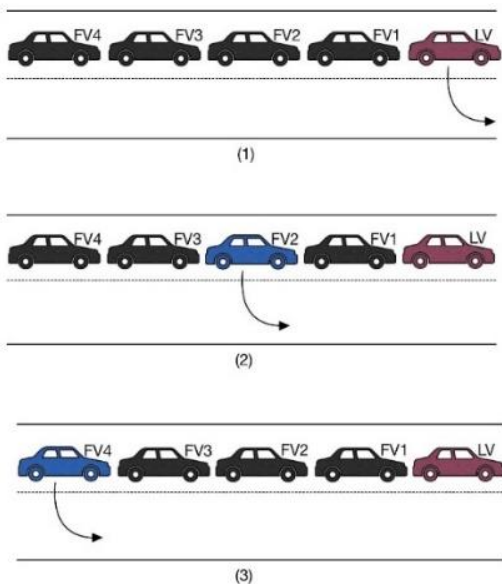


Figure 3. Splitting from a platoon (1) Front, (2) Middle, (3) Back

Farag et al., (2019) present the protocols required for joining or splitting from a platoon in CAVs, taking into account the stability, safety, and performance of the vehicles. This proposed protocol is implemented using a robot operating system (ROS) based visualization vehicle and is implemented in homogeneous and heterogeneous vehicle platoons under the scenarios of splitting from and joining a platoon. According to the experimental studies, it has been shown that after the maneuvering operations, all vehicles in the platoons have reached the desired inter-vehicle distance and speed. In Mena-Oreja et al., (2018), PERMIT, an open-source platoon-building simulator based on SUMO and its extension Plexe, is shown to perform platoon maneuvers such as splitting from and joining platoons in traffic scenarios involving autonomous and non-autonomous vehicles. Researchers present PERMIT as an open source to further investigate the effects of platoon maneuvers on traffic under mixed traffic scenarios and to develop autonomous driving studies. The accuracy of the maneuvering operations applied under various scenarios has been demonstrated by the studies. Heinovski et al., (2021) propose the PlaFoSim simulation vehicle platoon, which was developed to study platoon formation and platoon maneuvers in large-scale highway scenarios. It has been demonstrated in a case study that new algorithms using Python modules can accelerate and facilitate the search for platoon formation and platoon maneuvers and can be easily integrated into the system.

IV. Platoons Merger and Split

The platoon merge maneuver is expressed as the process of forming a single platoon by coming together two different platoons moving toward the same target Fakhfakh et al., (2020). As shown in Figure 4, A and B are two different platoons and each platoon has a leader. The platoon leader requesting a merger sends the request to the other platoon leader with various information such as the speed of the vehicles, the distance between the vehicles, and the common target path. If the conditions are met for both platoons, the merger is performed. The platoon split maneuver is expressed as the process of splitting at least two vehicles from a platoon and forming a new platoon with a different leader. As with the merging maneuver, the split maneuver is a process initiated by the platoon leader Amoozadeh et al., (2015). This situation is shown in Figure 5.

Recent Studies in the Literature on Nonlinear Control of Platoons and Transitional Maneuvers

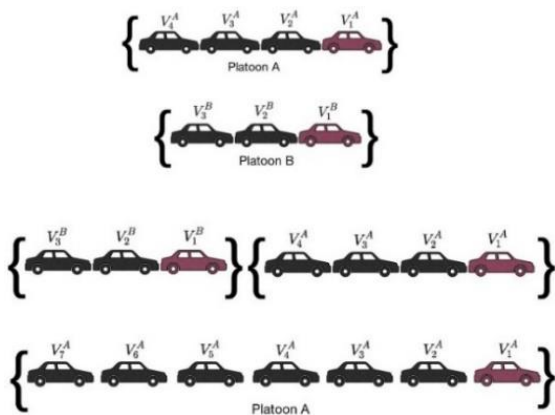


Figure 4. Merger of platoons

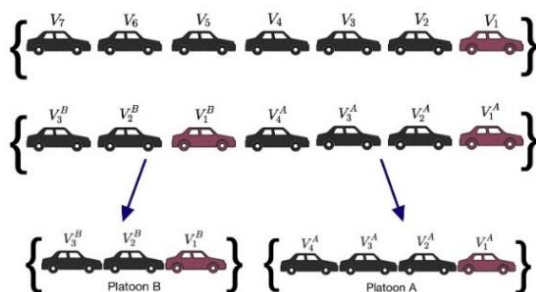


Figure 5. Split of platoons

Min et al., (2019) propose a platoon merger approach with the use of a distributed model predictive controller (DMPC) for CAVs to be used to optimize the trajectories of target platoons, taking into account both the acceleration limits and the safe area. To control the effectiveness of the proposed DMPC algorithm for the vehicles that exchange information with each other, it has been demonstrated that a stable and accurate control input can be applied to the vehicles in the platoon as a result of numerous simulations for a scenario with two platoons. Dasgupta et al., (2017) propose an algorithm to control basic maneuvering operations, such as merging and splitting vehicle platoons. In the study, a PID controller was implemented by using the micro simulator VISSIM for the merging and splitting of the platoons. In the simulation studies, the effectiveness of the PID controller, which is designed for vehicle movements as well as the merging and splitting maneuvers of the vehicle platoons, has been demonstrated. Wang et al., (2017) present a new CACC system based on the distributed consensus algorithm for platoon creating, merging, and splitting maneuvers. A distributed consensus protocol has also been developed to enable the algorithm to work to create platooning, merging, and splitting maneuvers of this CACC

system. In simulation studies including platoon creating, merging, and splitting maneuvers performed in Matlab/Simulink under various scenarios, it has been demonstrated by sensitivity analyses that the system is safe, comfortable, and efficient under appropriate parameter values. In Segata et al., (2014), there is a study that proposes an application protocol to support the merging maneuvers of vehicle platoons in different scenarios and includes analysis results. As a result of the simulations, it has been revealed that the proposed protocol is even at high packet losses successful, and can be canceled safely. In Goli et al., (2020), a study has been carried out on platoon creation, control strategies, merger approaches, and reduction of emergency braking during the merging or formation of platoons for vehicles that have effective communication in CAVs and combine as a platoon. First of all, the requirements and strategies were determined for the successful merging of vehicles in a platoon. Then, as a result of obtaining information via communication under several scenarios, several longitudinal controllers are compared in the simulation environment. Again, smooth and safe lateral trajectory plans are proposed for vehicles that combine in a platoon, and finally, the effects of sudden braking on the system during the execution of a multi vehicle merger maneuver in a platoon are investigated. The effectiveness of the strategies proposed in all these studies has been tested with various simulations.

FUTURE RESEARCH

Vehicle platoons are an application that has recently become an important research topic to eliminate problems such as traffic congestion, traffic accidents, air pollution, fuel savings, and more efficient use of the existing road infrastructure. Although the topic of vehicle platoons is an important, popular, and well-studied topic, it is a difficult research topic for many reasons, and many open issues need to be explored and addressed in the future. First of all, considering the parameters such as safety, passenger comfort, travel time, fuel saving, reduction of air pollution, more efficient use of highways, prevention of traffic jams and traffic accidents, dynamic structures of vehicles, sensor failures, communication delays, controllers that can operate stably and safely in a real environment and real traffic conditions, such as the effects of current traffic flow on the vehicle platoon, need to be designed and developed. Although a few real studies on vehicle platoons are included in this article, most of the studies in this field consist of simulation studies carried out under certain conditions, in which the effects of real traffic conditions on autonomous vehicles are ignored

and in almost ideal conditions. For this reason, the effectiveness and reliability of controllers commonly used for vehicle platoons must be tested under real conditions and designed and developed following these conditions.

Another future research topic for vehicle platoons is further research and development of vehicle communication methods and techniques. The effectiveness and importance of communication methods are especially evident in platoon length during the creation of vehicle platoons. In a long-vehicle platoon, communication delays or data loss may occur during the exchange of information between the leader vehicle and the follower vehicle at the end of the platoon. In this case, traffic flow, especially the stability of the string, is adversely affected. For this reason, it is necessary to develop more effective methods and techniques for data communication within or between platoons in vehicle platoons. In addition, having too many vehicles in a platoon reduces wind friction and in this case, reduces fuel consumption. At the same time, the high number of vehicles in the platoon directly affects the traffic flow. In this regard, limitations on the number of vehicles in a platoon or the length of the platoon is another issue that needs to be investigated due to their potential to affect traffic flow and fuel consumption.

Another issue to be explored in the future is the determination of optimal longitudinal distances between vehicles. These distances refer to the longitudinal spaces between vehicles and these spaces between vehicles must not exceed a certain distance to ensure string stability. At the same time, these spaces between vehicles affect the wind friction force, which is directly related to fuel consumption. In addition, these spaces are another subject that needs to be investigated, as they affect the safe and comfortable driving of vehicles without collision in sudden braking, excessive acceleration, and deceleration.

CONCLUSION

This paper is a detailed research study that includes current studies on vehicle platoons, which have become an important research topic in recent years. First, information about the control techniques commonly used in vehicle platoons is given, and the advantages and disadvantages of these techniques are summarized in a table. Secondly, by introducing the communication techniques used in the vehicle platoons, the most recent research including communication methods and techniques is summarized in a table

according to criteria such as communication type, application method, and problem situation. Then, operations such as lane changing, leaving the platoon, joining the platoon, platoon splitting, and platoon merging, which are made within the platoon and create changes in the platoon structure, and maneuver control techniques expressed as longitudinal control and lateral control are introduced and the latest studies on these are examined in detail. In addition, recent studies on longitudinal and lateral control techniques are summarized in a table according to criteria such as control technique, maneuver type, application type, and problem status. Finally, future work on vehicle platoons and open issues are mentioned.

REFERENCES

- Ahmed, A. A. and O. S. Jomah (2020). Vehicle yaw rate control for lane change maneuver using fuzzy PID controller and neural network controller. 2020 IEEE 2nd International Conference on Electronics, Control, Optimization and Computer Science (ICECOCS), IEEE.
- Amoozadeh, M., H. Deng, C.-N. Chuah, H. M. Zhang and D. J. V. c. Ghosal (2015). "Platoon management with cooperative adaptive cruise control enabled by VANET." 2(2): 110-123.
- Badnava, S., N. Meskin, A. Gastli, M. Al-Hitmi, J. Ghommam, M. Mesbah and F. J. I. A. Mnif (2021). "Platoon transitional maneuver control system: A review."
- Bayuwindra, A., E. Lefeber, J. Ploeg and H. J. I. T. o. I. T. S. Nijmeijer (2019). "Extended look-ahead tracking controller with orientation-error observer for vehicle platooning." 21(11): 4808-4821.
- Besslink, B. and K. H. J. I. T. o. A. C. Johansson (2017). "String stability and a delay-based spacing policy for vehicle platoons subject to disturbances." 62(9): 4376-4391.
- Bevly, D., X. Cao, M. Gordon, G. Ozbilgin, D. Kari, B. Nelson, J. Woodruff, M. Barth, C. Murray and A. J. I. T. o. I. V. Kurt (2016). "Lane change and merge maneuvers for connected and automated vehicles: A survey." 1(1): 105-120.
- Bhoopalam, A. K., N. Agatz and R. J. T. r. p. B. m. Zuidwijk (2018). "Planning of truck platoons: A literature review and directions for future research." 107: 212-228.
- Bonnet, C. and H. Fritz (2000). Fuel consumption reduction in a platoon: Experimental results with two electronically coupled trucks at close spacing, SAE technical paper.
- Boubakri, A. and S. M. Gammar (2020). Intra-platoon communication in autonomous vehicle: A survey. 2020 9th IFIP International Conference on Performance Evaluation and Modeling in Wireless Networks (PEMWN), IEEE.
- Chang, C. and Z. Yuan (2017). Combined longitudinal and lateral control of vehicle platoons. 2017 International Conference on Computer Systems, Electronics and Control (ICCSEC), IEEE.

Recent Studies in the Literature on Nonlinear Control of Platoons and Transitional Maneuvers

- Chen, J., J. Li, X. J. F. S. Yuan and Systems (2021). "Distributed fuzzy adaptive consensus for high-order multi-agent systems with an imprecise communication topology structure." 402: 1-15.
- Chou, F.-C., S.-X. Tang, X.-Y. Lu and A. Bayen (2019). Backstepping-based time-gap regulation for platoons. 2019 American Control Conference (ACC), IEEE.
- Čičić, M., K.-Y. Liang and K. H. J. I.-P. Johansson (2017). "Platoon merging distance prediction using a neural network vehicle speed model." 50(1): 3720-3725.
- Dasgupta, S., V. Raghuraman, A. Choudhury, T. N. Teja and J. Dauwels (2017). Merging and splitting maneuver of platoons by means of a novel PID controller. 2017 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI), IEEE.
- Devika, K. and S. C. Subramanian (2021). Sliding Mode-Based Time-Headway Dynamics for Heavy Road Vehicle Platoon Control. 2021 Seventh Indian Control Conference (ICC), IEEE.
- Dey, K. C., L. Yan, X. Wang, Y. Wang, H. Shen, M. Chowdhury, L. Yu, C. Qiu and V. J. I. T. o. I. T. S. Soundararaj (2015). "A review of communication, driver characteristics, and controls aspects of cooperative adaptive cruise control (CACC)." 17(2): 491-509.
- Di Bernardo, M., P. Falcone, A. Salvi and S. J. I. T. o. C. S. T. Santini (2015). "Design, analysis, and experimental validation of a distributed protocol for platooning in the presence of time-varying heterogeneous delays." 24(2): 413-427.
- Di Bernardo, M., A. Salvi and S. J. I. T. o. I. T. S. Santini (2014). "Distributed consensus strategy for platooning of vehicles in the presence of time-varying heterogeneous communication delays." 16(1): 102-112.
- Dong, F., X. Zhao and Y.-H. J. I. T. o. F. S. Chen (2020). "Optimal longitudinal control for vehicular platoon systems: adaptiveness, determinacy, and fuzzy." 29(4): 889-903.
- Fakhfakh, F., M. Tounsi and M. J. I. J. N. D. C. Mosbah (2020). "Vehicle Platooning Systems: Review, Classification and Validation Strategies." 8(4): 203-213.
- Fakirah, M., S. Leng, X. Chen, J. J. E. J. o. W. C. Zhou and Networking (2020). "Visible light communication-based traffic control of autonomous vehicles at multi-lane roundabouts." 2020(1): 1-14.
- Farag, A., D. M. Mahfouz, O. M. Shehata and E. I. Morgan (2019). A novel ros-based joining and leaving protocols for platoon management. 2019 IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety (ICVES), IEEE.
- Gao, F., D. Dang and S. E. Li (2015). Control of a heterogeneous vehicular platoon with uniform communication delay. 2015 IEEE International Conference on Information and Automation, IEEE.
- Goli, M. and A. J. I. J. o. I. T. S. R. Eskandarian (2020). "Merging strategies, trajectory planning and controls for platoon of connected, and autonomous vehicles." 18(1): 153-173.
- Graffione, S., C. Bersani, R. Sacile and E. Zero (2020). Model predictive control of a vehicle platoon. 2020 IEEE 15th International Conference of System of Systems Engineering (SoSE), IEEE.
- Guo, G. and D. J. I. T. o. V. T. Li (2019). "Adaptive sliding mode control of vehicular platoons with prescribed tracking performance." 68(8): 7511-7520.
- Guo, H., J. Liu, Q. Dai, H. Chen, Y. Wang and W. J. I. I. o. T. J. Zhao (2020). "A distributed adaptive triple-step nonlinear control for a connected automated vehicle platoon with dynamic uncertainty." 7(5): 3861-3871.
- Guo, J., P. Hu and R. J. I. T. o. I. T. S. Wang (2016). "Nonlinear coordinated steering and braking control of vision-based autonomous vehicles in emergency obstacle avoidance." 17(11): 3230-3240.
- Guo, J., Y. Luo and K. J. S. C. T. S. Li (2017). "Adaptive fuzzy sliding mode control for coordinated longitudinal and lateral motions of multiple autonomous vehicles in a platoon." 60(4): 576-586.
- Guo, X., J. Wang, F. Liao and W. Xiao (2017). Adaptive platoon control for nonlinear vehicular systems with asymmetric input deadzone and inter-vehicular spacing constraints. 2017 IEEE 56th Annual Conference on Decision and Control (CDC), IEEE.
- Gyawali, S., S. Xu, Y. Qian, R. Q. J. I. C. S. Hu and Tutorials (2020). "Challenges and solutions for cellular based V2X communications." 23(1): 222-255.
- Hao, W., L. Liu, X. Yang, Y. Li and Y.-J. J. I. T. o. I. T. S. Byon (2020). "Reducing cacc platoon disturbances caused by state jitters by combining two stages driving state recognition with multiple platoons' strategies and risk prediction."
- Heinovski, J., D. S. Buse and F. Dressler (2021). Poster: Scalable Simulation of Platoon Formation Maneuvers with PlaFoSim. 2021 IEEE Vehicular Networking Conference (VNC), IEEE.
- Hidayatullah, M. R. and J.-C. J. I. A. Juang (2021). "Centralized and distributed control framework under homogeneous and heterogeneous platoon." 9: 49629-49648.
- Hodgkiss, J., S. Djahel and Y. Hadjadj-Aoul (2019). An advanced coordination protocol for safer and more efficient lane change for connected and autonomous vehicles. 2019 16th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC), IEEE.
- Hong, C., H. Shan, M. Song, W. Zhuang, Z. Xiang, Y. Wu and X. J. I. T. o. V. T. Yu (2020). "A joint design of platoon communication and control based on LTE-V2V." 69(12): 15893-15907.
- Horowitz, R. and P. J. P. o. t. I. Varaiya (2000). "Control design of an automated highway system." 88(7): 913-925.
- Jeon, S. M., J. W. Choi and H. Hashimoto (2001). Hybrid modeling and control for a platoon maneuvers. ISIE 2001. 2001 IEEE International Symposium on Industrial Electronics Proceedings (Cat. No. 01TH8570), IEEE.
- Jia, D., K. Lu, J. Wang, X. Zhang, X. J. I. c. s. Shen and tutorials (2015). "A survey on platoon-based vehicular cyber-physical systems." 18(1): 263-284.
- Jia, D. and D. J. T. R. P. C. E. T. Ngoduy (2016). "Platoon based cooperative driving model with consideration of realistic inter-vehicle communication." 68: 245-264.
- Jin, L., M. Čičić, K. H. Johansson and S. J. I. T. o. A. C. Amin (2020). "Analysis and design of vehicle platooning operations on mixed-traffic highways." 66(10): 4715-4730.
- Kianfar, R., B. Augusto, A. Ebadighajari, U. Hakeem, J. Nilsson, A. Raza, R. S. Tabar, N. V. Irukulapati, C. Englund

Recent Studies in the Literature on Nonlinear Control of Platoons and Transitional Maneuvers

- and P. J. I. t. o. i. t. s. Falcone (2012). "Design and experimental validation of a cooperative driving system in the grand cooperative driving challenge." 13(3): 994-1007.
- Kunze, R., R. Ramakers, K. Henning and S. Jeschke (2011). Organization and operation of electronically coupled truck platoons on German motorways. *Automation, Communication and Cybernetics in Science and Engineering 2009/2010*, Springer: 427-439.
- Lan, J., D. Zhao and D. J. I. T. o. I. T. S. Tian (2021). "Data-driven robust predictive control for mixed vehicle platoons using noisy measurement."
- Latrech, C., A. Chaibet, M. Boukhniifer and S. J. s. Glaser (2018). "Integrated longitudinal and lateral networked control system design for vehicle platooning." 18(9): 3085.
- Li, S. E., F. Gao, K. Li, L.-Y. Wang, K. You and D. J. I. T. o. I. T. S. Cao (2017). "Robust longitudinal control of multi-vehicle systems—A distributed H-infinity method." 19(9): 2779-2788.
- Li, S. E., Y. Zheng, K. Li and J. Wang (2015). An overview of vehicular platoon control under the four-component framework. 2015 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), IEEE.
- Li, S. E., Y. Zheng, K. Li, Y. Wu, J. K. Hedrick, F. Gao and H. J. I. T. S. M. Zhang (2017). "Dynamical modeling and distributed control of connected and automated vehicles: Challenges and opportunities." 9(3): 46-58.
- Li, T., J. Wu, C.-Y. Chan, M. Liu, C. Zhu, W. Lu and K. J. I. A. Hu (2020). "A cooperative lane change model for connected and automated vehicles." 8: 54940-54951.
- Li, Y., W. Chen, S. Peeta and Y. J. I. T. o. I. T. S. Wang (2019). "Platoon control of connected multi-vehicle systems under V2X communications: design and experiments." 21(5): 1891-1902.
- Li, Y., C. Tang, K. Li, X. He, S. Peeta and Y. J. I. T. o. I. T. S. Wang (2018). "Consensus-based cooperative control for multi-platoon under the connected vehicles environment." 20(6): 2220-2229.
- Li, Y., C. Tang, K. Li, S. Peeta, X. He and Y. J. T. R. P. C. E. T. Wang (2018). "Nonlinear finite-time consensus-based connected vehicle platoon control under fixed and switching communication topologies." 93: 525-543.
- Li, Y., C. Tang, S. Peeta and Y. J. I. T. o. I. E. Wang (2018). "Integral-sliding-mode braking control for a connected vehicle platoon: Theory and application." 66(6): 4618-4628.
- Li, Y., C. Tang, S. Peeta and Y. J. I. T. o. I. T. S. Wang (2018). "Nonlinear consensus-based connected vehicle platoon control incorporating car-following interactions and heterogeneous time delays." 20(6): 2209-2219.
- Liang, K.-Y., J. Mårtensson and K. H. J. I. T. o. I. T. S. Johansson (2015). "Heavy-duty vehicle platoon formation for fuel efficiency." 17(4): 1051-1061.
- Liu, X., M. Yan, L. Zuo and W. Ma (2019). Sliding mode based platoon control and simulation for a group of nonlinear vehicles in PLEXE. 2019 Chinese Control Conference (CCC), IEEE.
- Luo, Y., G. Yang, M. Xu, Z. Qin and K. J. A. I. Li (2019). "Cooperative lane-change maneuver for multiple automated vehicles on a highway." 2(3): 157-168.
- Ma, G. J. J. o. t. e., Part A: Systems (2021). "Robust control and optimization for autonomous and connected vehicle platoons with vehicle-to-vehicle communication delay." 147(8): 04021042.
- Ma, Y., Z. Li, R. Malekian, R. Zhang, X. Song and M. A. J. I. T. o. I. T. S. Sotelo (2018). "Hierarchical fuzzy logic-based variable structure control for vehicles platooning." 20(4): 1329-1340.
- Maiti, S., S. Winter, L. Kulik and S. J. I. T. o. I. V. Sarkar (2019). "The impact of flexible platoon formation operations." 5(2): 229-239.
- Maiti, S., S. Winter and L. J. T. R. P. C. E. T. Kulik (2017). "A conceptualization of vehicle platoons and platoon operations." 80: 1-19.
- Maxim, A., O. Pauca, C. F. Caruntu and C. Lazar (2020). Distributed model predictive control algorithm with time-varying communication delays for a CACC vehicle platoon. 2020 24th International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC), IEEE.
- Mena-Oreja, J. and J. Gozalvez (2018). Permit-a SUMO simulator for platooning maneuvers in mixed traffic scenarios. 2018 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), IEEE.
- Mentasti, S., M. Bersani, M. Matteucci and F. Cheli (2020). Multi-state end-to-end learning for autonomous vehicle lateral control. 2020 AEIT International Conference of Electrical and Electronic Technologies for Automotive (AEIT AUTOMOTIVE), IEEE.
- Min, H., Y. Yang, Y. Fang, P. Sun and X. J. I. A. Zhao (2019). "Constrained optimization and distributed model predictive control-based merging strategies for adjacent connected autonomous vehicle platoons." 7: 163085-163096.
- Muhamadinah, Y., A. Z. Arrinanda, E. Joelianto and A. Widyotriatmo (2019). Backstepping Control Design for Platooning Formation System in Down Scale Autonomous Truck Trailers. 2019 IEEE 6th Asian Conference on Defence Technology (ACDT), IEEE.
- Nobe, S. A. and F.-Y. Wang (2001). An overview of recent developments in automated lateral and longitudinal vehicle controls. 2001 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. e-Systems and e-Man for Cybernetics in Cyberspace (Cat. No. 01CH37236), IEEE.
- Olwan, M. A., A. A. Mostafa, Y. M. AbdELAty, D. M. Mahfouz, O. M. Shehata and E. I. Morgan (2020). Behavior Evaluation of Vehicle Platoon via Different Fuzzy-X Tuned Controllers. 2020 8th International Conference on Control, Mechatronics and Automation (ICCMA), IEEE.
- Orosz, G. J. V. S. D. (2016). "Connected cruise control: modelling, delay effects, and nonlinear behaviour." 54(8): 1147-1176.
- Peng, B., D. Yu, H. Zhou, X. Xiao and Y. J. I. A. Fang (2020). "A platoon control strategy for autonomous vehicles based on sliding-mode control theory." 8: 81776-81788.
- Qin, W. B. and G. Orosz (2013). Digital effects and delays in connected vehicles: Linear stability and simulations. *Dynamic Systems and Control Conference, American Society of Mechanical Engineers*.


Recent Studies in the Literature on Nonlinear Control of Platoons and Transitional Maneuvers

- Robinson, T., E. Chan and E. Coelingh (2010). Operating platoons on public motorways: An introduction to the sarte platooning programme. 17th world congress on intelligent transport systems.
- Santini, S., A. Salvi, A. S. Valente, A. Pescapè, M. Segata and R. L. J. I. T. o. I. V. Cigno (2018). "Platooning maneuvers in vehicular networks: a distributed and consensus-based approach." 4(1): 59-72.
- Segata, M., B. Bloessl, S. Joerer, F. Dressler and R. L. Cigno (2014). Supporting platooning maneuvers through IVC: An initial protocol analysis for the JOIN maneuver. 2014 11th Annual conference on wireless on-demand network systems and services (WONS), IEEE.
- Segata, M., R. L. Cigno, H.-M. M. Tsai and F. Dressler (2016). On platooning control using IEEE 802.11 p in conjunction with visible light communications. 2016 12th Annual Conference on Wireless On-demand Network Systems and Services (WONS), IEEE.
- Shalaby, M. K., A. Farag, O. M. AbdelAziz, D. M. Mahfouz, O. M. Shehata and E. I. Morgan (2019). Design of various dynamical-based trajectory tracking control strategies for multi-vehicle platooning problem. 2019 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC), IEEE.
- Shen, D., J. Yin, X. Du and L. Li (2021). Distributed Nonlinear Model Predictive Control for Heterogeneous Vehicle Platoons Under Uncertainty. 2021 IEEE International Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC), IEEE.
- Shladover, S. E., C. A. Desoer, J. K. Hedrick, M. Tomizuka, J. Walrand, W.-B. Zhang, D. H. McMahon, H. Peng, S. Sheikholeslam and N. J. I. T. o. v. t. McKeown (1991). "Automated vehicle control developments in the PATH program." 40(1): 114-130.
- Song, Z., P. J. Antsaklis and H. J. a. p. a. Lin (2022). "Distributed Adaptive Backstepping Control for Vehicular Platoons with Mismatched Disturbances Under Vector String Stability."
- Sun, K., X. Zhao and X. J. T. r. i. p. Wu (2021). "A cooperative lane change model for connected and autonomous vehicles on two lanes highway by considering the traffic efficiency on both lanes." 9: 100310.
- Tan, Y., Y. Bian, C. Li, M. Hu, C. Du and B. Xu (2021). Distributed Model Predictive Control of Vehicle Platoons with Random Packet Loss. 2021 IEEE International Conference on Unmanned Systems (ICUS), IEEE.
- Tsugawa, S., S. Kato and K. Aoki (2011). An automated truck platoon for energy saving. 2011 IEEE/RSJ international conference on intelligent robots and systems, IEEE.
- Wang, P., H. Deng, J. Zhang, L. Wang, M. Zhang and Y. J. I. T. o. I. T. S. Li (2021). "Model predictive control for connected vehicle platoon under switching communication topology."
- Wang, X., M. Fu, H. Ma and Y. J. C. E. P. Yang (2015). "Lateral control of autonomous vehicles based on fuzzy logic." 34: 1-17.
- Wang, Y. and C. Liu (2021). Dynamic Integral Sliding Mode for Vehicle Platoon Control with Constant Time Headway Policy. 2021 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO), IEEE.
- Wang, Z., G. Wu and M. J. J. J. o. A. T. Barth (2017). "Developing a distributed consensus-based cooperative adaptive cruise control system for heterogeneous vehicles with predecessor following topology." 2017.
- Wang, Z., X. Zhao, Z. Chen and X. J. E. S. w. A. Li (2021). "A dynamic cooperative lane-changing model for connected and autonomous vehicles with possible accelerations of a preceding vehicle." 173: 114675.
- Wei, S., Y. Zou, T. Zhang, X. Zhang and W. J. A. s. Wang (2018). "Design and experimental validation of a cooperative adaptive cruise control system based on supervised reinforcement learning." 8(7): 1014.
- Wei, S., Y. Zou, X. Zhang, T. Zhang and X. J. I. T. o. V. T. Li (2019). "An integrated longitudinal and lateral vehicle following control system with radar and vehicle-to-vehicle communication." 68(2): 1116-1127.
- Wen, S. and G. J. I. T. o. I. T. S. Guo (2021). "Distributed trajectory optimization and sliding mode control of heterogeneous vehicular platoons."
- Wen, S., G. J. R. Guo and A. systems (2019). "Observer-based control of vehicle platoons with random network access." 115: 28-39.
- Wu, Y., S. E. Li, J. Cortés and K. J. I. T. o. C. S. T. Poola (2019). "Distributed sliding mode control for nonlinear heterogeneous platoon systems with positive definite topologies." 28(4): 1272-1283.
- Xu, H. and C. Lu (2020). Design of switched fuzzy adaptive double coupled sliding mode control for vehicles platoon. 2020 5th International Conference on Automation, Control and Robotics Engineering (CACRE), IEEE.
- Xu, L., W. Zhuang, G. Yin and C. J. T. R. P. C. E. T. Bian (2019). "Energy-oriented cruising strategy design of vehicle platoon considering communication delay and disturbance." 107: 34-53.
- Yan, M., W. Ma, L. Zuo, P. J. I. J. o. C. Yang, Automation and Systems (2019). "Dual-mode distributed model predictive control for platooning of connected vehicles with nonlinear dynamics." 17(12): 3091-3101.
- Yan, M., W. Ma, L. Zuo and P. J. J. o. A. T. Yang (2020). "Distributed model predictive control for platooning of heterogeneous vehicles with multiple constraints and communication delays." 2020.
- Yan, M., J. Song, L. Zuo and P. J. E. Yang (2017). "Neural adaptive sliding-mode control of a vehicle platoon using output feedback." 10(11): 1906.
- Yan, M., Y. Tang and P. Yang (2018). Consensus based control algorithm for nonlinear vehicle platoons in the presence of time delays and packet losses. 2018 Chinese Automation Congress (CAC), IEEE.
- Yang, P., Y. Tang, M. Yan, X. J. I. J. o. C. Zhu, Automation and Systems (2019). "Consensus based control algorithm for nonlinear vehicle platoons in the presence of time delay." 17(3): 752-764.
- Yang, Z., J. Huang, Z. Hu, M. Hu, T. Meng and Z. Zhong (2019). Adaptive Robust Control for a Heterogeneous Vehicular Platoon. 2019 Chinese Automation Congress (CAC), IEEE.
- Ying, Y., T. Mei, Y. Song and Y. Liu (2014). A sliding mode control approach to longitudinal control of vehicles in a platoon. 2014 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, IEEE.
- Zakerimanesh, A., T. Qiu and M. Tavakoli (2021). Heterogeneous Vehicular Platooning with Stable Decentralized

Recent Studies in the Literature on Nonlinear Control of Platoons and Transitional Maneuvers

- Linear Feedback Control. 2021 IEEE International Conference on Autonomous Systems (ICAS), IEEE.
- Zegers, J. C., E. Semsar-Kazerooni, J. Ploeg, N. van de Wouw and H. J. I. T. o. C. S. T. Nijmeijer (2017). "Consensus control for vehicular platooning with velocity constraints." 26(5): 1592-1605.
- Zeng, T., O. Semiari, W. Saad and M. J. I. T. o. C. Bennis (2019). "Joint communication and control for wireless autonomous vehicular platoon systems." 67(11): 7907-7922.
- Zennir, Y. and S. Allou (2018). Comparison of PID and fuzzy controller for path tracking control of autonomous electrical vehicles. 2018 International Conference on Electrical Sciences and Technologies in Maghreb (CISTEM), IEEE.
- Zhang, L., F. Chen, X. Ma and X. J. J. o. A. T. Pan (2020). "Fuel economy in truck platooning: A literature overview and directions for future research." 2020.
- Zhang, L. and G. Orosz (2013). Designing network motifs in connected vehicle systems: delay effects and stability. Dynamic Systems and Control Conference, American Society of Mechanical Engineers.
- Zhao, C., L. Cai and P. J. I. I. o. T. J. Cheng (2020). "Stability analysis of vehicle platooning with limited communication range and random packet losses." 8(1): 262-277.
- Zhu, Y., J. Wu and H. J. I. T. o. I. T. S. Su (2020). "V2V-based cooperative control of uncertain, disturbed and constrained nonlinear CAVs platoon."
- Zhu, Y. and F. J. I. T. o. V. T. Zhu (2018). "Distributed adaptive longitudinal control for uncertain third-order vehicle platoon in a networked environment." 67(10): 9183-9197.
-

Zemin Sıvılaşmasını Denetleyen Koşulların ve Sıvılaşma Nedenli Deformasyonların İncelenmesi

Sultan Gül DURMAZ , İbrahim İskender Soyaslan 

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Burdur

Geliş Tarihi (Received): 29.10.2023, Kabul Tarihi (Accepted): 29.11.2023

✉ Sorumlu Yazar (Corresponding author*): isoyaslan@mehmetakif.edu.tr

☎ +90 248 2132766 📠 +90 248 2132704

ÖZ

Yapıların deprem gibi doğal afetlerden kaynaklanan hasarlarında, yapıların kalitesi kadar inşa edildikleri zeminin özellikleri de büyük bir önem taşımaktadır. Bu hasarlar arasında yapıların farklı oturmalar yapması, yan yatması, devrilmesi ve zemin içine gömülmesi gibi durumlar yer almaktadır. Bu hasarlara sebep olan en önemli etkenlerden biri, zemin sıvılaşmasıdır. Sıvılaşma, yeraltı suyu seviyesinin altındaki zeminlerin geçici olarak katılığını ve dayanım gücünü kaybederek, bir katıdan ziyade akışkan bir sıvı gibi davranması sürecidir. Bu çalışmada öncelikle sıvılaşmanın mekanizmasından ve tarihçesinden, sıvılaşma çeşitlerinden bahsedildikten sonra sıvılaşma için gerekli koşullar detaylı olarak incelenmiştir. Sıvılaşmadan dolayı meydana gelebilecek zemin hareketlerinin incelenerek, bu hareketler sonucunda meydana gelen deformasyonlar ve sıvılaşma etkilerinin nasıl azaltılacağına yönelik alınacak önlemler incelenerek ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Deprem, sıvılaşma, zemin hareketleri, hasar tipleri, zemin iyileştirme

Examination of Conditions Controlling Soil Liquefaction and Deformations Caused by Liquefaction

ABSTRACT

In the damages of buildings caused by natural disasters such as earthquakes, the characteristics of the soil on which they are built are of great importance as well as the quality of the structures. These damages include different settlements, tilting, overturning and sinking into the soil. One of the most important factors causing these damages is soil liquefaction. Liquefaction is the process in which soils below the groundwater level temporarily lose their stiffness and strength and behave like a fluid rather than a solid. In this study, firstly the mechanism and history of liquefaction, types of liquefaction are mentioned and then the necessary conditions for liquefaction are examined in detail. By examining the soil movements that may occur due to liquefaction, the deformations that occur as a result of these movements and the measures to be taken to reduce the effects of liquefaction are examined.

Keywords: Earthquake, liquefaction, ground movements, damage types, soil improvement

GİRİŞ

Boşluk basıncındaki artışa bağlı olarak zeminin kayma mukavemetinde ve sertliğinde önemli azalma olarak tanımlanan zemin sıvılaşması, depremlerden sonra yapısal hasar ve can kaybının ana nedenlerinden biridir. Bu hasarlara örnek olarak; 1964 Alaska, 1964 Niigata, 1983 Nihonkai-Chubu, 1989 Loma Prieta, 1993 Kushiro-Okii, 1994 Northridge, 1995 Hyogoken-Nambu (Kobe), 1999 Kocaeli ve 1999 Ji-Ji depremleri verilebilir (Unutmaz, 2009). Sıvılaşma, bir zeminin mukavemetinin ve sertliğinin güçlü yer hareketi, deprem sarsıntısı veya diğer hızlı döngüsel yükleme ile azaldığı bir olgudur (Tolon, 2013). 1964 yılında Niigata-Japonya ve Büyük Alaska-A.B.D. depremleri sırasında meydana gelen sismik sıvılaşma nedenli yıkıcı hasarlar, zemin sıvılaşmasının mekanizması ve sonuçlarının anlaşılmasındaki araştırmaları hızlandırmıştır (Çetin ve Unutmaz, 2004). Kahramanmaraş- Pazarçık (Mw=7.7) ve Elbistan (Mw=7.6) Depremleri 11 farklı ilde etkili olmuştur. Bu depremlerin parametreleri gözönüne alındığında yapıların zeminlerinde meydana gelecek sıvılaşmanın depremin şiddetini arttırdığı ortaya konulmuştur (Gücek ve ark., 2023).

“Sıvılaşma” terimi ilk olarak Terzaghi ve Peck (1948) çok gevşek kumların hafif örselenme nedeniyle akış arızalarına neden olan önemli mukavemet kaybını tanımlamak için kullanılmıştır. Benzer şekilde, Mogami ve Kubo (1953) aynı terimi sismik kaynaklı döngüsel yüklemeye kaynaklanan kayma mukavemeti kaybını tanımlamak için kullanılmıştır. Ancak sıvılaşmanın önemi, sıvılaşma potansiyeline sahip, doymuş kumlu zeminler üzerine kurulan binaların eğilme ve batmasından kaynaklandığı bildirilen 1964 Niigata depremine kadar tam olarak anlaşılammıştır (Unutmaz, 2009). Buna karşın zemin sıvılaşmasının statik yükler altında oluşumu Casagrande'nin 1936 yılındaki çalışmalarından itibaren bilinmektedir (Alparslan, 2006).

Youd (1973) tarafından, var olan tanımlar arasındaki farkı ayırt edilerek, bu karışıklığı giderecek bir tanım sunulmuştur. Sıvılaşma olgusu için yapılan tanıma göre, artan boşluk suyu basıncı sonucunda zemini oluşturan daneler katı halden sıvı hale geçmektedir (Etmınan, 2016). Depremle tetiklenen zemin sıvılaşması, inşa edilmiş mühendislik yapılarının ciddi zararlarına neden olan sismik bir dizi olay sonucunda ortaya çıkarak deformasyonlara sebep olan en ciddi sonuçlardan biri olarak kabul edilmektedir (Lirer ve ark., 2020). Bir zemin yatağının sıvılaşma potansiyeli, muhtemel deprem büyüklüğü, tane boyutu dağılımı ve zemin türü, görelî yoğunluk, deprem yükleme özellikleri, dikey etkili stres ve aşırı konsolidasyon, toprakların yaşı ve kökeni, sismik gerilim geçmişi, doyma derecesi ve kum

tabakası kalınlığına bağlıdır (Bahadori ve Hashemi-nezhad, 2016).

Bu çalışmada öncelikle sıvılaşmanın mekanizmasından ve tarihçesinden, sıvılaşma çeşitlerinden bahsedildikten sonra sıvılaşma için gerekli koşullar detaylı olarak incelenmiştir. Daha sonra sıvılaşmadan dolayı meydana gelebilecek zemin hareketlerinin incelenmesinin ardından bu hareketler sonucunda meydana gelen hasar tiplerinden bahsedilip sıvılaşma etkilerinin nasıl azaltılması gerektiği üzerinde durulmuştur.

ZEMİN SIVILAŞMASI NEDİR?

Sıvılaşma, doymuş ve kohezyonsuz zeminlerde artan boşluk suyu basınçları ve dolayısıyla dinamik yükleme nedeniyle azalan efektif gerilmeler nedeniyle mukavemet kaybının gerçekleştiği bir olaydır. Sıvılaşma, döngüsel yükleme veya sarsıntı nedeniyle zeminde boşluk suyu basıncının oluşması ile meydana gelmektedir. Ortaya çıkan zemin ve su karışımı bir sıvı gibi davranır ve zemin yük taşıma özelliğini kaybeder. Zemin sıvılaşması esnasında gerçekleşen mekanizmanın adımlarını sıralayacak olursak:

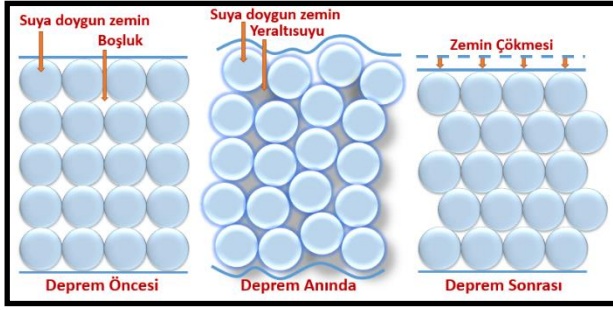
Aşırı Boşluk Suyu Basıncı: Toprak tanecikleri birbirleriyle temasını kaybettikçe topraktaki su yükselerek boşlukları doldurur. Bu, boşluk suyu basıncının artmasına neden olarak zeminin mukavemetini ve sertliğini daha da azaltır.

Kesme Gerilmesi: Bir deprem sırasında, zemin ileri geri kayarken kayma gerilmesi yaşar. Gerinim çok büyükse, toprak parçacıkları birbirleriyle temasını kaybederek sıvı gibi davranmalarına neden olur.

Sıvılaştırılmış Durum: Zemin sıvı hale geldiğinde, kesme dayanımı büyük ölçüde azalır ve artık yapıları veya diğer yükleri taşıyamaz.

Zemin sıvılaşması, depremlerde görülebileceği gibi, sıvılaşma ihtimali olan granüler zeminlerin etrafında oluşan yapay titreşimlerden de meydana gelebilir. Örneğin, çakma kazıkların çakımı sırasında oluşan titreşimler ve yakın açık maden işletmelerinde yapılan üretim/dekapaj patlatmaları bu titreşimlere örnek olarak verilebilir (Ulusay, 2000). Şekil 1'de deprem öncesi, deprem sırasında ve deprem sonrasında zeminde meydana gelen sıvılaşmaya bağlı deformasyon aşamaları görülmektedir. Sıvılaşma, zeminin mukavemetini ve sertliğini kaybederek katı yerine sıvı gibi davranmasına neden olan bir süreçtir (Kumar, 2020).

Zemin Sıvılaşmasını Denetleyen Koşulların ve Sıvılaşma Nedenli Deformasyonların İncelenmesi



Şekil 1. Depremlerde zeminde sıvılaşmaya bağlı oluşan deformasyonlar (Soyaslan, 2022)

Zemin sıvılaşması, zeminin kesme dayanımı sıfıra düştüğünde meydana gelir. Bu, monoton yükleme veya döngüsel yükleme ile başlatılabilir. Her iki durumda da doymuş gevşek durumdaki bir zemin ve yükteki bir değişiklikte önemli boşluk suyu basıncı oluşturabilen bir zemin sıvılaşmaya en yatkın olanlardır. Boşluk suyu basıncı yükseldikçe, efektif gerilme azaldıkça zeminin mukavemetinde ilerleyici bir kayıp meydana gelir (Şekil 2) (Kumar, 2020).



Şekil 2. San Fernando (1971) depreminde sıvılaşma sonucu oluşan hasarlar (Koçkar, 2022)

Sıvılaşma davranışını anlamak, kohezyonsuz zeminlerin boşluk suyu basıncının hızlı yükleme ile artması sonucu gösterdiği sürtünme davranışının tüm biçimleriyle anlaşılmasıyla başlar (Aytaş, 2019). Ülkemizde sıvılaşma olayının önemi, 1993 yılındaki Erzincan depremiyle birlikte fark edilmiştir. Ardından 1999 yılındaki Gölcük ve Düzce depremleri sırasında pek çok yapıda sıvılaşma kaynaklı hasarlar gözlemlenmiş ve bu durum, sıvılaşmanın önemini bir kez daha ortaya koymuştur. Şekil 3 ve 4'de 1999 yılında meydana gelen Kocaeli depremindeki yıkımlar görülmektedir.



Şekil 3. Kocaeli (1999) depreminde sıvılaşma sonucu binada oluşan hasar (URL-1, 2023)



Şekil 4. Kocaeli (1999) depreminde meydana gelen yıkım (URL-2, 2023)

SIVILAŞMA TÜRLERİ

Akma Sıvılaşması

Boşluk suyu basıncındaki artış nedeniyle zeminin efektif gerilmesinin azalmasıyla oluşur. Sıvılaşmanın neden olduğu en yıkıcı zemin arızalarıdır. Bu yenilmeler genellikle büyük zemin kütlelerini yanal olarak yer değiştirir. Nispeten dik yamaçlarda gevşek doymuş ince kum veya siltlerde gelişir. Şekil 5'de San Fernando Kalifornia Depremi (1971) sonrasında The Lower San-Fernando Barajı'nda oluşan akma sıvılaşması gösterilmektedir.

Zemin Sıvılaşmasını Denetleyen Koşulların ve Sıvılaşma Nedenli Deformasyonların İncelenmesi



Şekil 5. Deprem (1971) sonrası The Lower San Fernando Barajında oluşan akma (Alpaslan, 2013)

Devirsel Hareketlilik

Deprem esnasında gerçekleşen devirsel hareketlilik, önemli kalıcı bozulmaların oluşmasına sebep olan bir sıvılaşma çeşididir. Statik kayma gerilmeleri, sıvılaşan zeminin kayma dayanımından az olduğu durumlarda, kayma sıvılaşması akma sıvılaşmasından farklı bir şekilde meydana gelir. Zemin, bir deprem sırasında tekrarlanan yükleme ve boşalmaya maruz kalmaktadır. Bunun sonucunda zemini oluşturan daneler zamanlar taşıma güçlerini kaybeder ve sıvılaşma meydana gelir.

Düz Yüzey Sıvılaşması

Deprem veya sismik durumlar sonrasında oluşan aşırı boşluk suyu basıncının dağılması esnasında, suyun

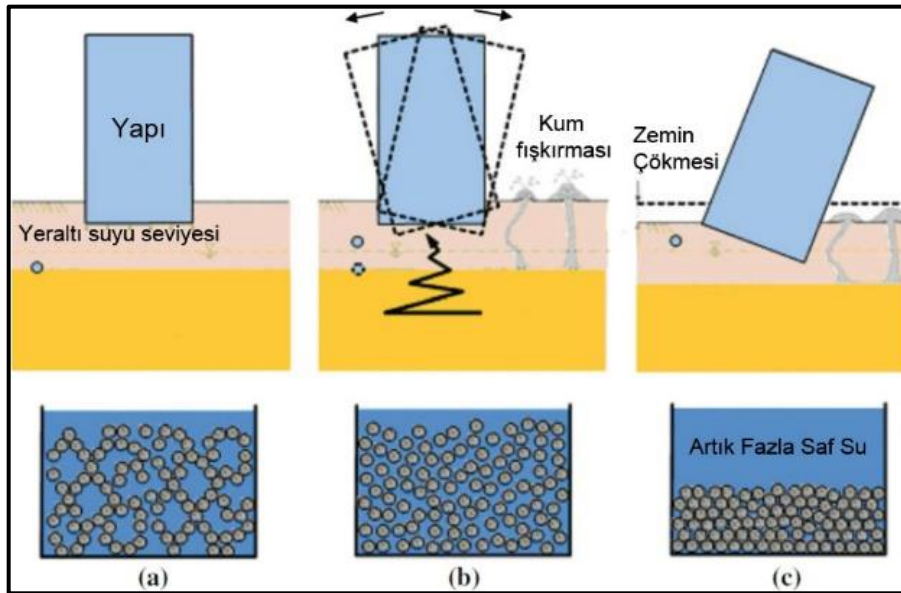
yukarı doğru hareket etmesi sonucu meydana gelen bir zemin yenilme şeklidir. Bu tür yenilme olayı, hidrolik kararlılığa ulaşmak için gerekli sürenin uzunluğuna bağlı olarak deprem sonrasında da oluşur.

SIVILAŞMAYI DENETLEYEN KOŞULLAR

Sıvılaşmanın gerçekleşmesi için, mevcut olması gereken birkaç gerekli koşul vardır. İlk olarak, zemin suya doyurulmalıdır, yani yeraltı suyu seviyesi yükselerek zemin suya doymuş duruma geçmelidir. İkinci olarak, zemin birbirine güçlü bir şekilde bağlanmamış sıkıştırılmış parçacıklardan oluşmalıdır. Son olarak, sismik aktivite veya yoğun yağış gibi, zemine etki eden bir tür dış kuvvet olmalıdır. Bu koşullar genellikle ince kumlu ve siltli zemin türünün hâkim olduğu kıyı, nehir ve göl yakınlarında bulunabilir. Sıvılaşma riskini değerlendirmek, gerekli önlemleri alarak potansiyel hasarı azaltmak için tüm koşulların belirlenmesi gerekmektedir.

Depremın Büyüklüğü ve Süresi

Sismik aktivite, sıvılaşmanın en yaygın nedenlerinden biridir. Bir deprem meydana geldiğinde yer sallanır ve titreşir, toprak parçacıklarının kendilerini yeniden düzenlemelerine ve yapılarını kaybetmelerine neden olur. Bu, sıvılaşmaya neden olan kayma mukavemeti ve sertlik kaybına yol açabilir (Şekil 6).



Şekil 6. Sıvılaşmaya neden olan sismik dalgaların (a) deprem öncesi, (b) deprem anı ve (c) deprem sonrası zemindeki değişimin gösterilmesi (URL-3, 2023)

Yeraltı Su Seviyesinin Derinliği

Sıvılaşmanın gerçekleşebilmesi için yeraltı suyu seviyesinin yüksek olması gerekmektedir. Sıvılaşmanın görüldüğü bölgelerde yeraltı suyu seviyesinin yüzeyden derinliği 3 m civarındadır. Ayrıca sıvılaşma için referans derinlik olarak 3-20 m literatürde verilmekle birlikte yaklaşık 50 m'ye kadar olan konsolide olmayan jeolojik litolojilerde dahil edilmelidir (Soyaslan, 2022). Şekil 7'de görüldüğü üzere Adapazarı'nda yeraltı su tablasının yüksek olması zemin sıvılaşmasına neden olmuştur (Yatman, 2006). Şiddetli yağışlar da zemini suyla doyurarak sıvılaşmaya neden olabilir. Zemin tamamen doygun hale geldiğinde, su basıncı artar bu da mukavemet ve taşıma gücü kaybına yol açar (Özçelik, 2017).



Şekil 7. 1999 Adapazarı depreminde sıvılaşma sonucu zemine gömülmüş bina (Ulusay, 2000)

Zemin Türü ve Dane Şekli

Düşük yoğunluklu ve yüksek su içeriğine sahip zeminler sıvılaşmaya karşı daha hassastır. Kohezyonsuz zeminler, sıvılaşmaya en eğilimli zemin türlerindedir. Temiz kumlar, plastik olmayan siltli kumlar, plastik olmayan siltler ve çakıllar kohezyonsuz zeminlere örnek verilebilir (Mert, 2018). Kum ve çakıl gibi iri taneli zeminler, killer gibi ince taneli zeminlere kıyasla sıvılaşmaya karşı daha hassastır. Zeminin yuvarlak tanelerden oluşması, köşeli tanelerden oluşan zeminlere göre daha kolay sıkışabileceği anlamına gelmektedir.

Zeminin Sıklık Derecesi

Sıvılaşma eğilimi gösteren zeminlerde, genellikle birbirine güçlü bir şekilde bağlanmamış gevşek, zayıf sıkıştırılmış danelerden oluşmaktadır. Zeminin rölatif sıklığı ne kadar düşükse zemin sıvılaşmasına o kadar uygun ortam oluşmaktadır. Tablo 1'de rölatif sıklık oranı

ile zemin sınıflandırılması arasındaki ilişki gösterilmiştir.

Tablo 1. Rölatif sıklık oranına göre zemin sınıflandırılması (Mert, 2018)

| Rölatif Sıklık (D_r) | Açıklama |
|--------------------------|------------|
| 0-15 | Çok gevşek |
| 15-35 | Gevşek |
| 35-65 | Orta sıkı |
| 65-85 | Sıkı |
| 85-100 | Çok sıkı |

Tabakalanma Özellikleri ve Drenaj Şartları

Kumlu zeminler, ince taneli silt ve kil zeminlere göre daha iyi geçirgenliğe sahiptir. Ancak, kalın ve geniş bir geçirgen kum tabakası varsa, drenaj yolu uzayacağından, deprem sırasında ani yüklemeye maruz kaldığında, bu zeminler drenajsız zemin tabakası gibi davranabilmekte ve sıvılaşma riski artabilmektedir (Çavuş, 2015).

Çökeltme Ortamı ve Yaş

Doğal olarak oluşan deniz, nehir veya göl çökelleri ile su altında yapılan dolgu işlemleri, gevşek ve düzensiz bir zemin yapısı oluşturduğundan, sıvılaşmaya karşı oldukça hassas hale gelirler. Holosen yaşlı çökeller (10000 yıldan daha genç), sıvılaşmaya en yatkın olanlardır. Ülkemizde meydana gelen depremlerdeki sıvılaşma olayları genellikle bu çökellerin olduğu alanlarda gözlemlenmiştir (Ulusay, 2000).

Çevre Basıncı

Zeminin bulunduğu derinlik arttıkça çevre basıncı da gelen yüklerden dolayı artmaktadır. Derine gidildikçe artan çevre basıncına karşılık zeminin sıvılaşmaya karşı hassasiyeti azalmaktadır. Sonuç olarak zeminin çevre basıncı ne kadar artarsa sıvılaşmaya yatkınlığı da o kadar azalmaktadır.

Bina yükü

Binaların kumlu zeminlere inşa edilmesi durumunda, binaları taşıyan temellerin altındaki zeminler, bina yüklerinin neden olduğu kayma gerilmelerinin etkisi altında kalır. Bu durum, zeminin sıvılaşmaya daha duyarlı hale gelmesine sebep olabilir (Mert, 2018).

Zemin Sıvılaşması Sonrası Oluşan Deformasyonlar

Sıvılaşma meydana geldiğinde, zemin önemli hareketlere ve deformasyonlara maruz kalabilir. Bu, yerleşimi, yanal yayılmayı ve hatta yüzey dalgalarını içerebilir. Oturma, toprak mukavemetinin kaybı nedeniyle zemin çöktüğünde meydana gelir. Yanal yayılma, zemin yatay olarak hareket ettiğinde, binaların ve altyapının kaymasına veya çökmesine neden olduğunda meydana gelir. Yüzey dalgaları, zemin yüzeyinde hasarı daha da artıracak dalgalanmalar veya dalgalanmalar oluşturabilir. Bu yer hareketleri, yapısal hasara ve hatta çökmeye neden olabileceğinden özellikle binalar ve altyapı için tehlikeli olabilir (Özçelik 2022).

Hacimsel Sıkışmadan Kaynaklanan Zemin Yükü Oturmaları

Zemin sıvılaşması sonrasında oluşan deformasyonların en önemli nedenleri hacimsel sıkışmadan kaynaklanan zemin yüzeyi oturmaları ve yanal zemin yer değiştirmeleridir. Bu deformasyonlar akma ve yayılma mekanizmasına bağlı olarak gelişmektedir (Şengöz, 2019). Şekil 8'de Adapazarı depreminde meydana gelen zemin yükü oturma örneği verilmiştir.



Şekil 8. Adapazarı depreminde meydana gelen zemin yükü oturma örneği (Ulusay, 2000)

Yanal Zemin Yer Değiştirmeleri

Sıvılaşma sonrası meydana gelen yanal zemin hareketleri, bazı durumlarda büyük yapısal hasarlar oluşturabilir (Özaydın, 2007). Şekil 9'da Adapazarı'nda sıvılaşma nedeniyle devrilmiş bir bina gösterilmektedir.



Şekil 9. Adapazarı'nda sıvılaşma nedeniyle devrilmiş bina (Ulusay, 2000)

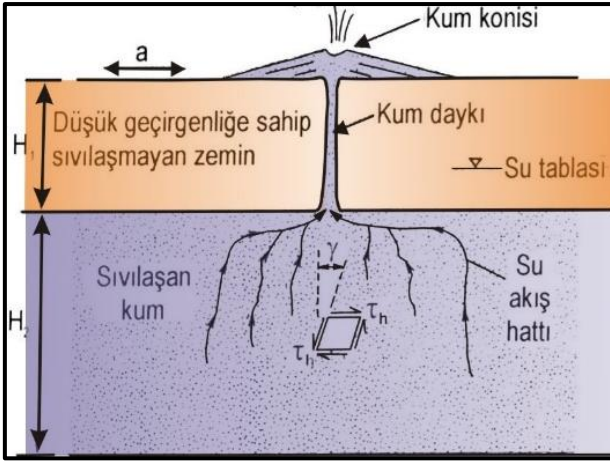
SIVILAŞMA NEDENİYLE OLUŞAN HASAR TİPLERİ

Sıvılaşma binalara, altyapıya ve doğal çevreye çok çeşitli zararlar verebilir. Binalar, temel çökmesi, çatlama ve hatta çökme gibi sorunlarla karşı karşıya kalabilir. Yollar, köprüler ve boru hatları gibi altyapılar da zarar görebilir veya kullanılmaz hala gelebilir. Doğal çevre heyelanlardan, çamur akışlarından ve diğer erozyon biçimlerinden etkilenebilir.

Kum Kaynaması

Zeminin içindeki boşluklarda bulunan kum ve suyun suyun basıncına bağlı olarak, yüzeye fırlatarak çıkması olarak bilinen bir sıvılaşma hasar tipidir (Özçelik, 2019). Çok ince kumlarda, sıvılaşan toprağın düşük geçirgenliği nedeniyle suyun çıkışı uzun bir süre devam eder. Dahası, ince toprak partikülleri suyun püskürtülmesiyle kolayca yer yüzeyinin üzerine kalkar (Yasuda ve ark., 2012). Bu durum, yüzeyde kum konilerinin oluşmasına neden olur. Şekil 10'da kum kaynamasının anlatıldığı bir zemin kesiti gösterilmektedir.

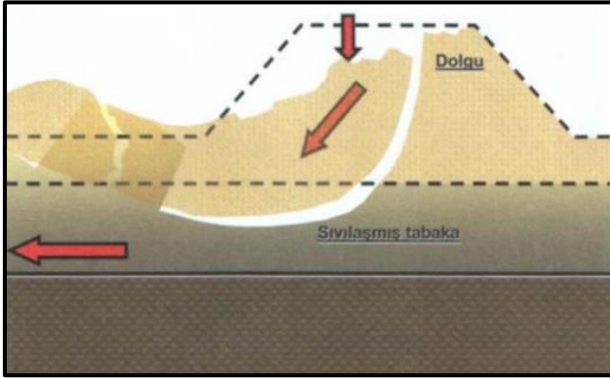
Zemin Sıvılaşmasını Denetleyen Koşulların ve Sıvılaşma Nedenli Deformasyonların İncelenmesi



Şekil 10. Kum kaynaması oluşumunu gösteren kesit (Mert, 2018)

Akma Göçmesi

Akma göçmeleri genellikle %30'dan daha fazla eğime sahip yamaçlarda meydana gelir. Ansızın ortaya çıkarlar, hızla ilerlerler ve genellikle büyük bir zemin kütlelerinin yamaç boyunca aşağı doğru hareketini içerirler (Alpaslan, 2013).



Şekil 11. Akma göçmesini gösteren kesit (Alpaslan, 2013)

Yanal Yayılma

Yanal yayılmalar, genellikle düşük eğime sahip (0.3° - 3°) yamaçlarda veya suya yakın düzlüklerde meydana gelir. Bu hasar tipi, alttaki zeminin sıvılaşması ve yüzeydeki sediman bloklarının yanal hareketini içerir (Alpaslan, 2013). Bu tür hareketler genellikle dolgu alanlara, liman tesislerine, boru hatlarına, köprülere ve diğer yüzey temellerine ciddi zararlar verebilmektedir (Çıklaiblikçi, 2019). Şekil 12'de 2010 yılında Haiti'de

yaşanan deprem sonucunda meydana gelen yanal yayılma gösterilmektedir.



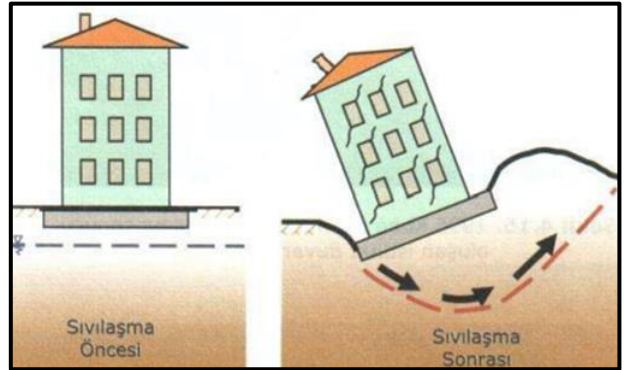
Şekil 12. Haiti'de 2010 yılında yaşanan deprem sonucu oluşan yanal yayılma (Altındış, 2020)

İstinat Yapı Göçmesi

Bu hasar tipi, destek yapılarının oturduğu zeminin taşıma kapasitesinin azalması veya destek yapısının gerisindeki zeminin sıvılaşmasıyla birlikte artan yanal kuvvetler nedeniyle meydana gelir (Altındış, 2020). Bu artan yanal kuvvetlerin etkisiyle destek yapısı yatay ve/veya dikey yönde deforme olur ve göçmeler meydana gelir (Çıklaiblikçi, 2019).

Taşıma Gücü Kaybı

Taşıma gücü kaybı, kısmi veya tam sıvılaşma sırasında oluşan gözenek suyu basıncının artması ve toprağın yumuşamasıyla ilişkili olan toprak mukavemetinin kaybindan kaynaklanır (Şekil 13). Temel taşıma basıncının azalmış kapasiteyi aşması sonucu aşırı yer değiştirmelerin oluşmasına yol açabilir (Cooke, 2000).



Şekil 13. Taşıma gücü kaybı nedeniyle oluşan göçme (Çıklaiblikçi, 2019)

Zemin Sıvılaşmasını Denetleyen Koşulların ve Sıvılaşma Nedenli Deformasyonların İncelenmesi

Şekil 14'de, Adapazarı'nda bir yapının Gölcük depremi sırasında meydana gelen sıvılaşma nedeniyle taşıma gücü kaybına bağlı olarak farklı oturmalar oluştuğu görülmektedir. Bu oturmaların etkisiyle yapının devrildiği gözlenmektedir.



Şekil 14. Adapazarı'nda sıvılaşma nedeniyle oluşan taşıma gücü kaybı ve farklı oturma nedeniyle devrilen yapı (Altındış, 2020)

Gömülü Yapı Yüzeylenmesi

Sıvılaşma esnasında meydana gelen kaldırma kuvvetinin etkisiyle, su, benzin, mazot gibi depolama tankları, doğalgaz ve çeşitli boru hatları gibi hafif alt yapı elemanları yeryüzeyine çıkarak birçok sorun teşkil etmektedir. Bu durum ayrıca muayene bacaları, internet gibi yapılar için de problemlere sebep olabilir (Altındış, 2020). Şekil 15'de 2004 yılında meydana gelen Niigata depreminde sıvılaşma nedeniyle oluşan gömülü yapının yüzeye çıkması örneği gösterilmektedir.



Şekil 15. Niigata (2004) depreminde sıvılaşma nedeniyle oluşan hasar (Altındış, 2020)

SIVILAŞMAYA KARŞI ALINACAK ÖNLEMLER

Sıvılaşmaya meyilli bölgelerde alınabilecek önlemler üç ana başlık altında toplanabilmektedir.

- Sıvılaşmaya duyarlı zeminlerde yapı inşasından kaçınılması
- Yapıların sıvılaşmaya karşı dayanıklı inşa edilmesi
- Sıvılaşmaya meyilli zeminlerde zemin iyileştirme çalışmaları yapılması

Sıvılaşmaya Duyarlı Zeminlerde Yapı İnşasından Kaçınılması

Mühendisliğin temel ilkelerinden olan ekonomiklik ve emniyet faktörlerinin sağlanması için sıvılaşabilir nitelikteki alanlarda herhangi bir mühendislik yapısının inşa edilmemesi ve yapılaşmanın daha güvenli olduğu bölgelerde olması durumu sıvılaşma etkilerinin azaltılması için en mantıklı ve en ucuz yoldur.

Sıvılaşmaya Karşı Dayanıklı Yapı İnşası

Sıvılaşma potansiyeline sahip zeminlerde, inşa edilecek yapılarda zemin iyileştirmesi dışında değişik bazı tedbirler de alınabilmektedir. Bu tedbirlerden en çok uygulananlar radye temel yapımı ve kazıklı radye temel yapımıdır (Alparslan, 2006). Sıvılaşma meydana gelen zeminlerde özellikle bodrumsuz binalarda radye temelin sıvılaşmaya karşı bazen yeterli olmamaktadır. Depremde radye temelli bazı binaların aldıkları hasarlardan veya bu yapıların devrilmeleri en iyi kanıt olmaktadır. Dolayısıyla sadece radye temel yapımı yerine mutlaka yeterli derinlikteki radye temel yapımı çok daha önemli olmaktadır.

Zemin İyileştirilmesi

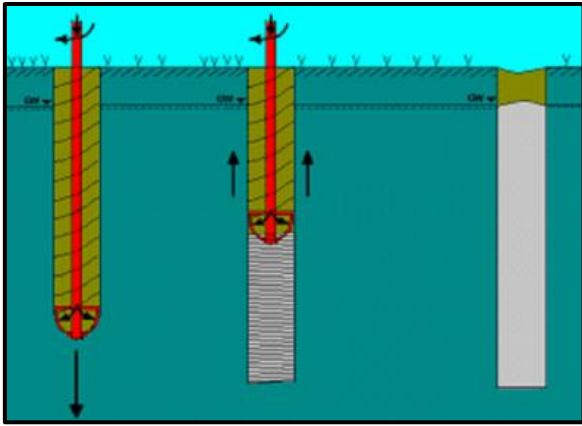
Zemin iyileştirme çalışmalarını genel olarak üç ana başlık altında toplayıp bu ana başlıkları alt sınıflara ayırabiliriz.

Enjeksiyon teknikleri

Zemin iyileştirme yöntemleri arasında, zeminin özelliklerini iyileştirmek için çimento bazlı malzemelerin zemine enjekte edilmesi veya karıştırılması yöntemiyle zemin çökelleri düzeltilir. Bu malzemeler, zemin taneleri arasındaki teması güçlendirir ve boşlukları doldurur. Karıştırma işlemi mekanik veya hidrolik olarak gerçekleştirilebilir. Enjeksiyon ve karıştırma teknikleri maliyetli yöntemlerdir, ancak minimum oturma ve titreşimle iyileştirme sağlar (Alparslan, 2006).

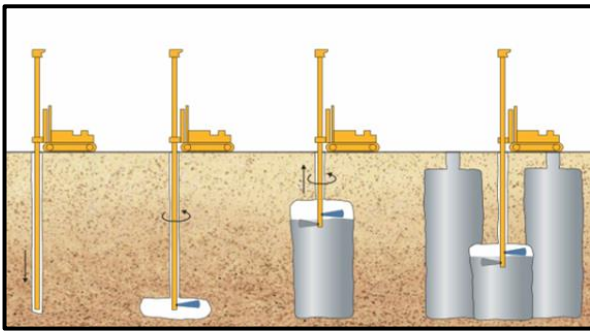
Gözenek enjeksiyonu: Zemin yapısını bozmayacak şekilde düşük viskoziteli sıvının zemine enjekte edilmesini içeren bir yöntemdir. Bu işlemde, taneli sıvılar (çimento, uçucu kül, bentonit, mikro çimento veya bunların belirli karışımları su ile birlikte) veya kimyasal enjeksiyon maddeleri (silikat jel, fenolik reçineler) kullanılır (Alparslan, 2006).

Derin karıştırma: Bu iyileştirme yöntemi, zemine enjekte edilen katkı maddelerinin, büyük çaplı tek veya çok eksenli burgular ile karıştırılması işlemidir. Şekil 16'da karıştırma kolonlarının oluşum şekli gösterilmektedir.



Şekil 16. Karıştırma tekniğinin şematik gösterimi (Alparslan, 2006)

Jet enjeksiyonu: Bu enjeksiyon yönteminde, tasarım derinliğine kadar su kullanılarak delik açılır ve deliklere yüksek basınçta çimento şerbeti püskürtülür. Bu işlem sırasında tijler dönerek ve zemin içerisinden yukarıya doğru çekilerek ilerler (Şekil 17). Bu şekilde belirli çap ve boyutta silindirik bir kolon oluşturulur. Zemin içerisinde dayanıklı ve geçirimsiz beton-zemin karışımı kolonlar elde edilir. Türkiye'de yaygın ve bilinen yöntemdir (Alparslan, 2006).



Şekil 17. Jet enjeksiyon kolonlarının oluşturulması (Alparslan, 2006)

Sıkıştırma teknikleri

Sıkıştırma yöntemleri, sıvılaşma duyarlılığına sahip zeminlerde yaygın olarak kullanılan iyileştirme tekniklerindedir (Alparslan, 2006).

Vibroflotasyon tekniği: Vibroflotasyon yönteminde, bir zemin çökeline sıkıştırmak için vince asılı olan ve torpido şeklinde, genellikle 30-46 santimetre çapında ve yaklaşık 3-4,9 m uzuluğunda bir vibroflot kullanılır (Alparslan, 2006).

Vibrotij yöntemi: Vibrotij sistemleri, zeminin sıkıştırılması için titreşimli bir kazık çakma çekicinin uzun bir probu zemin içinde titreşerek kullanıldığı bir yöntemdir. Prob, zemin içinde titreşerek ilerlerken zemini sıkıştırmaya devam eder (Alparslan, 2006).

Dinamik kompaksiyon: Dinamik kompaksiyon, zeminin sıkıştırılması için zemin üzerindeki noktalara büyük bir ağırlığın tekrarlı olarak düşürülmesi işlemidir. Ağırlıklar genellikle 5,5-27 t arasında olurken bazı durumlarda 155 t'a kadar çıkabilmektedir. Düşürme yükseklikleri genellikle 10-30 m arasında değişirken bu yükseklik 40 m kadar çıkabilir (Mayne ve ark., 1984).

Kompaksiyon enjeksiyonu: Kompaksiyon enjeksiyonu, zemini yoğunlaştırmak için çok düşük slamp değerlerinde yüksek basınç altında şerbetin zemine enjekte edilmesi işlemidir (Alparslan, 2006).

Sıkıştırma kazıkları: Zeminler, kazık çakma işlemiyle oluşan deformasyonlar ile sıkıştırılabilir. Elde edilen sıkıştırma derecesi, sıkıştırma kazıklarının aralıklarına ve titreşim enerjisine bağlıdır (Alparslan, 2006).

SONUÇ

Zemin sıvılaşması, boşluk basıncındaki artışa bağlı olarak kayma mukavemetinde ve sertliğinde önemli azalma olarak tanımlanan, bugüne kadar birçok depremde kendini gösteren, çeşitli yıkımlara, deformasyonlara neden olan jeolojik bir olgudur. Verdiği hasar yalnızca konut tarzı yapılarla sınırlı olmamakla beraber her türlü mühendislik yapılarında kendini gösterebilmektedir. Sıvılaşma mekanizması, döngüsel yükleme veya sallama nedeniyle zeminde boşluk suyu basıncının oluşmasını içerir. Bu, toprak parçacıklarının birbirleriyle temasını kaybetmesine ve suda asılı kalmasına neden olur. Suda asılı kalan toprak bir sıvı gibi davranarak zeminin mukavemetini ve sertliğini önemli derecede etkiler. Zemin sıvılaşmasının yarattığı hasarlardan korunmak için mühendisliğin temel ilkelerinden

Zemin Sıvılaşmasını Denetleyen Koşulların ve Sıvılaşma Nedenli Deformasyonların İncelenmesi

olan ekonomiklik ve emniyet faktörlerinin sağlanarak sıvılaşma potansiyeli olan zeminlerden kaçınılmalıdır. Günümüz şartlarında hızla artan nüfus yoğunluğundan ve yüksek göç oranlarından dolayı bu korunma yöntemi her zaman kullanılamamaktadır. Bundan dolayı eğer şartlar elverişli değilse radye temel ve kazıklı radye temel uygulaması ile sıvılaşmaya karşı dayanıklı yapılar inşa edilmelidir. Sıvılaşma etkilerinin azaltılması için kullanılan zemin iyileştirme yöntemleri; enjeksiyon, sıkıştırma ve drenaj tekniklerinden oluşmaktadır. Sıvılaşma, sismik durumlarda kohezyonsuz ve suya doygun kumlu zeminlerde tekrarlı ve geçici yükler altında boşluk suyu basıncının artmasıyla dayanım kaybının meydana gelmesidir. Bu durum, zeminin sıvılaşarak sertliğini ve taşıma kapasitesini kaybetmesine ve yapıların çökmesine veya hasar görmesine yol açar. Sıvılaşma hem ülkemizde hem de dünyada can ve mal kayıplarına sebep olan önemli bir jeoteknik risktir. Bu nedenle, deprem bölgelerinde zeminin sıvılaşma potansiyeli değerlendirilmeli ve uygun önlemler alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- Alparıslan, H. (2006). *Sıvılaşma potansiyeline sahip zeminlerde iyileştirme yöntemlerine ait kriterlerin belirlenmesi*. Sakarya Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği. Sakarya: Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Müh. AD., Yüksek Lisans Tezi.
- Alpaslan, N. (2013). Zemin sıvılaşması ve mekanizması. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 3(2), s. 67-89.
- Altındış, M. (2020). *Sıvılaşma analizi ve sıvılaşma sonucu oluşan yanıl yayılma hesap yöntemlerinin karşılaştırılması*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Müh. AD., Yüksek Lisans Tezi.
- Aytaş, Z. (2019). *Zemin sıvılaşmasına zemin ve deprem parametrelerinin etkisinin değerlendirilmesi*. Batman: Batman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Müh. AD., Yüksek Lisans Tezi.
- Bahadori, H., Hasheminezhad, A. (2016). Standard penetration test-based assessment of seismic soil liquefaction potential of Urmica, Iran. *International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, s. 591-596.
- Cooke, H. (2000). *Ground improvement for liquefaction mitigation at existing highway bridges*. Civil Engineering. Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Çavuş, U. (2015, Nisan). Zeminlerin sıvılaşması ve barajların alüvyon temellerinin sıvılaşma riskinin pratik değerlendirilmesi. *DSİ Teknik Bülteni*, s. 28-39.
- Çetin, K., Unutmaz, B. (2004). Zemin sıvılaşması ve sismik zemin davranışı. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, s. 32-35.
- Çıklablıkçı, P. (2019). *Depremler sırasında zeminlerin sıvılaşması ve sonrasında meydana gelen deplasmanların belirlenmesi*. Kayseri: Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği AD., Yüksek Lisans Tezi.
- Etminan, E. (2016). *Effect of gradation, fines content and silt shape characteristics on static liquefaction of loose sands*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği AD., Doktora Tezi.
- Gücek, S., Afacan, K. B., Zorluer, İ. (2023). 6 Şubat 2023 Depremleri Sonrası Zemin Büyütmesi ve Sıvılaşma Gerçeği: Antakya, Gölbaşı, Türkoğlu Örnekleri. *AKÜ FEM BİD*, 740-752. doi: DOI: 10.35414/ akufemubid.1298648
- Gündüz, Z., Arman, H. (2005). Zemin davranışına uygun yapı tasarım ilkeleri ve uygulanabilirliği. Deprem Sempozyumu (s. 1237-1243). Kocaeli: Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü.
- Koçkar, M. (2022). *Sıvılaşma ve yanıl yayılmanın mekansal planlama açısından değerlendirilmesi ve alınacak önlemler*. Hacettepe Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü. Ankara: Yer Bilimsel Etüd Dairesi Başkanlığı.
- Kumar, A. (2020). Liquefaction of soil. Civil Engineering. Patna: Department of Civil Engineering National Institute of Technology Patna.
- Lirer, S., Chiaradonna, A., Lucia, M. (2020). Soil liquefaction: from mechanisms to effects on the built environment. *Rivista Italiana Di Geotecnica*, s. 23-51.
- Mayne, P., Jones, J., Dumas, J. (1984, June 01). Ground response to dynamic compaction. *Journal of Geotechnical Engineering*, 110(6).
- Mert, M. (2018). *Zeminlerin sıvılaşma potansiyelinin doğrusal ve doğrusal olmayan analizlerle değerlendirilmesi*. Eskişehir: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Müh. AD., Yüksek Lisans Tezi.
- Mogami, T., Kubo, K. (1953). The Behaviour of soil during vibration. 3rd International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering (s. 152-155). Switzerland: ISSMGE.
- Özaydın, K. (2007). Zeminlerde sıvılaşma. Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği. İstanbul: İnşaat Mühendisleri Odası (İMO).
- Özçelik, M. (2017). The Effects of Vertical Stress on the Liquefaction Potential Originated from Buildings in The Urban Areas: A Case Study. *International Journal of Geotechnical Earthquake Engineering*, 8(1), 38-57.
- Özçelik, M. (2019). Paleo-tectonic data evaluating from foundation excavations: a case study Burdur Fault segments (Turkey) *Acta Geodaetica et Geophysica. Acta Geodaetica et Geophysica*, (54), 545-556. doi: <https://doi.org/10.1007/s40328-019-00275-3>
- Özçelik, M. (2022). Assessment of Liquefaction Susceptibility in Sedimentary Deposits on the Western Side of the Antalya Urban Area (Turkey). *Pure Appl. Geophys*, (178), 1859-1869. doi:<https://doi.org/10.1007.s00024-021-02738-7>
- Soyaslan, İ. İ. (2022). Zemin sıvılaşmasında yeraltı suyunun önemli ve sıvılaşmanın mühendislik yapıları üzerindeki etkisi. Ahi Evran 2nd International Conference on Scientific Research (s. 467-476). Kırşehir: Full Texts Book (V-3).
- Şengöz, T. (2019). *Sıvılaşma nedir? Zemin sıvılaşmasının mühendislik değerlendirilmesi, zemin sıvılaşması ile ilgili alınması gereken tedbirler, önlemler ve tavsiyeler ile zemin ve temel etüdü uygulama esaslarında ve rapor formatında sıvılaşma ile ilgili bilgiler*. Marmara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği. Ankara: ResearchGate.

Zemin Sıvılaşmasını Denetleyen Koşulların ve Sıvılaşma Nedenli Deformasyonların İncelenmesi

- Terzaghi, K., Peck, R. (1948). *Mühendislik uygulamasında zemin mekaniği*. New Jersey: John Wiley.
- Tolon, M. (2013). *A Comparative numerical analysis for liquefaction*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği AD., Doktora Tezi.
- Ulusay, R. (2000). Zemin sıvılaşması. *Mavi Gezegen*, 2, 47-56.
- Unutmaz, B. (2009). *Assessment of soil structure earthquake interaction induced soil liquefaction triggering*. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği. Ankara: Ph.D. - Doctoral Program, Middle East Technical University.
- URL-1. (2023). Bizden Detay. Jeoloji Mühendisleri Odası: https://www.jmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=9979&tipi=2&sube=6 adresinden alındı
- URL-2. (2023). MMO: 17 AĞUSTOS 1999 Marmara Depremi'nin 19. yılı ve yapı denetimi. Makine Mühendisleri Odası: <https://www.mmo.org.tr/istanbul/basin-aciklamasi/mmo-17-agustos-1999-marmara-depreminin-19-yili-ve-yapi-denetimi> adresinden alındı
- URL-3. (2023). Soil Liquefaction. Dream Civil: <https://dreamcivil.com/soil-liquefaction/> adresinden alındı
- Yasuda, S., Harada, K., Ishikawa, K., Kanemaru, Y. (2012). Characteristics of liquefaction in Tokyo Bay area by the 2011 Great East Japan Earthquake. *Soils and Foundations*, s. 793–810.
- Yatman, Z. (2006). *Sıvılaşma sonucu oluşan zemin yetersizliklerinin irdelenmesi*. Harran Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı . Şanlıurfa: Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği AD., Yüksek Lisans Tezi.
- Youd, T. (1973). *Ground movements in Van Norman Lake vicinity during San Fernando California, earthquake of February 9, 1971*. San Fernando: U.S. Department of Commerce, National Oceanographic and Atmospheric Administration.
-